

Audio-Röhren, die zu teuer sind – was jetzt?

Ulrich Fierz



Ulrich Fierz, dipl. El.Ing. ETHZ

Das bekannte Problem

Gerne möchten wir unsere gesammelten Schätze den Besuchern auch in Betrieb vorführen. Da braucht es neben neuen Kondensatoren und anderen verbrauchten Teilen oft auch neue Röhren. Viele – aber leider nicht alle – der Röhren für Radios ab etwa 1935 bis 1970 sind nicht wirklich selten. Ausnahmen gab es schon früh, «magische Augen» oder Audioendröhren verbrauchten sich schneller, einzelne Typen wurden nur in kleineren Stückzahlen produziert usw. Solche Typen waren schon lange gesucht und die Preise entsprechend hoch.

Das neuere Problem

Das Revival der Audio-Röhrenverstärker und die selektiven Bedürfnisse und Vorlieben der audiophilen Community [1] sind für uns Radiosammler ein neues Problem: einzelne, häufig verwendete, «gewöhnliche» Audio-Endröhren, Doppeltrioden oder sogar Gleichrichterröhren erreichen Liebhaberpreise, die sich für den Einsatz, auch in einem sehr schönen Heimradio, nicht rechtfertigen lassen. Die Röhrenverkäufer wissen das und haben oft eine eigene Rubrik «Audioröhren» angelegt. Wenigstens eine positive Nebenwirkung: Es werden für diesen Markt einige begehrte, neuere Typen (z.B. ECC83, EL84) etwa in China laufend gefertigt. Es gibt dafür sogar Bezugsquellen ohne deutlichen «Audiozuschlag» [2].

Mögliche Lösungen

Ersatz von Röhrentypen war schon lange ein Sammlerthema. Besonderes Augenmerk wurde, um Geräte der frühen 30er Jahre weiterzubetreiben, in Europa oft auf 4V-Röhren gelegt. Eingesetzt wurden vor allem P-Röhren aus der TV-Technik (PF83, PF86, PC92, PL95 usw.) oder russische Röhrentypen aus den 50er Jahren. Es gibt zahlreiche, auf dem Web verfügbare Quellen für solche Vorschläge [3] – gute und weniger gute. Viele der verwendeten «Ersatzröhren» sind mittlerweile selbst wieder schwierig zu finden und teuer.

Weniger Vorschläge gibt es, amerikanische, oft weniger bekannte Röhrentypen als Ersatzlösung zu verwenden. Diese sind auch heute noch, nicht nur in Abverkäufen, günstig zu kaufen [4] und deshalb lohnt sich der Blick über den Teich. Zudem geben Compactron®-Röhren eine interessante optische Präsentation ab. Also habe ich, trotz den vielen bestehenden Publikationen, mit ein paar Ideen Lösungen erarbeitet und diese Notiz geschrieben. Diese soll nicht nur Rezept, sondern Ausgangspunkt für eigene Experimente sein – es gibt noch viele weitere Möglichkeiten! Einige Kenntnisse in Röhrentechnik und Röhrendaten werden allerdings vorausgesetzt. Vorsicht: die verwendeten Spannungen sind lebensgefährlich!

Ein mögliches Vorgehen

Für die folgenden Überlegungen, und als Beispiele für ein mögliches Vorgehen bei einem Ersatz mit solchen NOS (New Old Stock) US-Röhren, habe ich mich auf die – auch in Schweizer Radios häufig verwendeten – betroffenen 6,3V Audio-Endröhren und den Zeitraum von 1935 – 1950 konzentriert. Dazu gehören z.B. die 6V6/G/GT, EL3, EL11, EL41, EL84. Dann, quasi als «Bonus», Lösungsvorschläge für häufig verwendete 4V Endröhren wie die AL4.

Teuer sind natürlich auch 6L6/G/GT, EL12, EL34, KT88 und viele weitere Röhren für Hi-Fi Verstärker, die aber selten in Heimempfängern eingesetzt wurden. Andere, wie die EL41, sind zwar keine audiophilen Röhren, sie sind einfach knapp und teuer – wie die ECL11, ECL86/6GW8, ELL80, ECLL800 oder andere Typen auch.

Ein paar Grundlagen

Um die elektrischen Neuentwicklungsarbeiten der Radiohersteller klein zu halten, wurden – neben einer gewissen Standardisierung – oft Röhreneigenschaften «vererbt», d.h. die neue Type hatte die gleichen elektrischen Hauptdaten wie ihr Vorgänger. Das macht die Suche nach Ersatz oft einfacher. Als Beispiel dafür die Beam-Tetrode 6V6 (Oktal) von **RCA**. Sie kam ursprünglich 1937 als Stahl-

Parameter	Einheit	EL3/11	EL11	EL41	6HA6/6HB6	6BK5	6T10 *
System		Pentode	Pentode	Pentode	Pentode	Beam-Pwr	Beam-Pwr
Verwendung		Audio	Audio	Audio	V-Ablenkung	Audio	Audio
Ua/Ia	V/mA	250/36	250/36	250/36	250/40	250/35	250/35
Ug2/Ig2	V/mA	250/4	250/4	250/5,2	250/6,2	250/3,5	250/2,5
Ug1	V	-6	-6	-7	(-4,6)	-5	-8
Rk	Ohm	150	150	170	100	(130)	(213)
Pa	W	4,5	4,5	3,9	(~4,5)	3,5	4,2
Ih	A	0,9	0,9	0,71	0,76	1,2	0,95
Preis**	US \$	20 (EL3N)	65	14 (6CK5)	3	3	3

(in Klammern) = berechnet/geschätzt

* dasselbe Beam-Power System haben die 6AD10, 6AL11, fast gleich ist die 6J10/6Z11

** bei den angegebenen Shops [2], ist US\$3 der Standardminimalpreis (Juli 2019)

Tabelle 1

und Glasröhre /G auf den Markt, ab 1939 auch als BANTAM® Röhre /GT und wurde über Jahre in grossen Stückzahlen vielerorts gefertigt – in Russland für Audio-Röhrenverstärker noch heute – und ist in vielen Geräten zu finden. Mit Loktalsockel 1939 hiess sie 7C5 und 1947 als Miniaturröhre 6AQ5/EL90. Solche Röhren sind zum Glück noch leicht erhältlich. Die 6AQ5A/6005/EL90 ist somit ein (fast perfekter) elektrischer Ersatz für alle 6V6/G/GT in unseren Radios. Nur ein Sockel-Adapter – 7pin Miniatur auf Oktal – wird gebraucht.

Eine ähnliche Karriere, wenn auch mit viel geringeren Stückzahlen, hat der aus Vorgängern 1935 entstandene Entwurf der Pentode AL3 (Topfsockel) von Philips gemacht. Sie wurde zur AL4 und 1936 zur EL3, später zur EL3N. Daraus wurde 1938 bei Telefunken die EL11 (Stahlröhrensockel) und 1947, wieder bei Philips, die EL41/6CK5 (Rimlock, etwas weniger Leistung). Als Novalröhre EL80 gibt es sie auch. Alle diese Röhren sind heute (sehr) teuer – eine gute Gelegenheit, Lösungen mit US-Typen der gleichen Leistungsklasse zu suchen. Solche Ad-

apter sind weiter unten beschrieben – es braucht ein bisschen mehr als nur eine einfache Sockel-Verdrahtung.

Die 1953 von Valvo präsentierte Noval EL84 – eigentlich ein Nachfolger für die EL41 mit mehr Leistung – wurde in Audioendstufen von Radios und HiFi-Verstärkern, dort oft im Gegentaktbetrieb, zum Renner schlechthin. Trotz der Herstellung in grossen Mengen und von verschiedensten Herstellern (Gemeinschaftstypen) als EL84/6BQ5/6P14P usw. sind Röhren aus europäischer oder US-Fertigung knapp geworden und sehr teuer. Dagegen werden 6P14P heute wieder in China produziert. Eine Ersatzröhrenlösung für unsere Heimradios ist an sich möglich, aber kaum günstiger als eine neue chinesische Röhre – die man allerdings von einer zuverlässigen Quelle beziehen sollte.

Analyse der Hauptkenndaten am Beispiel der EL3/EL11/EL41

In Tabelle 1 sind die für den Ersatz einer Audio-Endröhre für ein Heimradio aus meiner Sicht wichtigsten Daten aufgeführt, die es zu vergleichen gilt. Variationen

bei der Steilheit (eine Ausnahme ist z.B. die 6HB6), der optimalen Ausgangsimpedanz, der Ein- und Ausgangskapazitäten usw. spielen in dieser Heimradio-Anwendung meist eine untergeordnete Rolle.

Natürlich findet man solche möglichen Ersatzkandidaten nicht «einfach so», dazu ist die sorgfältige Durchsicht von Röhrendatenbüchern notwendig. Für diese Ersatzanwendung habe ich die aufgeführten Typen als nahe verwandt (gleiche Leistungsklasse) und zum «Minimalpreis» erhältlich herausgesucht.

Eine Einschränkung: Hier werden im Labor geprüfte Lösungen für Heimradios präsentiert, ohne Anspruch auf eine audiophile Bewertung. Diese würde vergleichende, oft auch subjektive Hörtests bedingen.

Ein Tip: Beim Ersatz der Audioendstufe immer den Kopplungskondensator Vorstufe ► G1 und den Kathodenelko ersetzen! Ck kann auch grösser (z.B. 100uF) gewählt werden, das verbessert oft die Bässe etwas.

Und noch etwas: Die Vorschläge gelten für Radios, deren Röhren parallel geheizt werden. Weitere Erläuterungen zu diesem Thema sind auf meiner Webseite zu finden [5]. Es wird weiter angenommen, die Anodenspannung sei, wie üblich, um 250V.

Übrigens: Auch neue Röhren können im Anodenstrom $\pm 10\%$ streuen – ohne Beeinträchtigung der Funktion im Gerät.

Einfacher Adapter

Ein Sockeladapter für die 6AQ5A/6005/EL90 auf eine 6V6/G/GT ist nicht schwierig zu bauen. Mein Adapter (Bild 1) wurde wie folgt gebaut:

Man nimmt eine alte Röhre, nimmt das Glas weg [6] und lötet die Drähte aus dem Sockel aus. Dann braucht man einen 7pin Miniatursockel (für Endröhren ohne Abschirmkragen!), am besten mit einem Mittelrohr, in das man ein 4mmØ Abstandsstück einlötet. Dieses wird später im hohlen Mittelteil des Oktal-Bakelitsockels mit Epoxykleber befestigt. Dann erfolgt die Verschaltung, die Drähte werden mit hitzebeständigem Teflon®schlauch isoliert. In der Steuergitterleitung ist ein Widerstand 1k0 eingefügt, dieser verhindert Schwingungen im VHF-Bereich – die Verdrahtung alter Radios hat manchmal ihre Längen. Darauf achten, dass an



Bild 1: 6V6GT und Adapter mit 6AQ5A



Bild 2: EL11 und Adapter mit 6T10/6AD10, 6HB6 und 6BK5



Bild 3: EL3N und Adapter mit 6T10/6AD10 und 6BK5

den Stiften des Oktalsockels keine Lötropfen entstehen, da er sonst nicht in den Sockel gesteckt werden kann.

Wem das alles zu kompliziert ist, besorgt sich einen fertigen Adapter aus China [7] (ohne Widerstand), dort werden solche Dinge gebaut. Vorsicht: In diesem Fall ist 1:1 aus den oben beschriebenen Gründen in Ordnung. Was aber sonst noch angeboten wird, ist teilweise mehr als fragwürdig: Da werden oft Birnen mit Äpfeln, Orangen oder sogar Bananen ersetzt.

Anspruchsvollere Adapter

Die Adapter für die Röhren in der Tabelle 1 sind etwas aufwendiger, aber im Grunde genommen ist das Vorgehen dasselbe. Nur bei

der EL41 gibt es natürlich keinen alten Röhrensockel, hier muss ein besonderer Stecker angefertigt werden.

Elektrisch muss der Adapter dafür sorgen, dass die Ersatzröhre in der im Radio bestehenden, unveränderten Schaltung den für sie richtigen Arbeitspunkt einnimmt. Die Abweichungen bei den vorgeschlagenen Typen sind klein, es genügt eigentlich, durch Anpassung des Kathodenwiderstands den optimalen Arbeitspunkt zu erreichen. Dabei gehe ich hier davon aus, dass das Steuergitter über den Gitterableitwiderstand an Masse liegt und das Radio den im Datenblatt empfohlenen Wert für den Kathodenwiderstand verwendet. Sind die Bedingungen anders, ändert sich das Prinzip nicht, entscheidend sind die effektive Gittervorspannung und der richtige Anodenstrom. Eine «universelle» Variante, die diese Probleme umgeht, wird weiter unten bei der AL4 beschrieben.

Für die EL3 und EL11 geht es ohne Änderung am Radio mit der 6T10/6AD10, da der angegebene Kathodenwiderstand von 213R

höher liegt als die 150R der zu ersetzenden Röhre. Der Adapter hat also in der Kathodenleitung einen zusätzlichen Seriewiderstand von 68R zu enthalten. Damit die NF-Verstärkung nicht sinkt, wird dieser mit einem 68uF Elko überbrückt. Als Stützpunkt wird der unbenutzte Pin 4 verwendet. Pin 2 wird an GND gelegt, damit liegt die Kathode der unbenutzten 2. Pentode und der Schirm an einem definierten Potential. Ein Widerstand 1k0 im Steuergitter hat wieder den Zweck, Schwingungen zu vermeiden.

Die gebauten Adapter für die EL3/N und die EL11 sind aus den Bildern 2 und 3 ersichtlich. Die Montage des Compactron®-Sockels ist etwas schwieriger, da das Mittelloch für den Pumpstutzen der Röhre gebraucht wird und frei bleiben muss. Der Sockel wird nach erfolgter Verdrahtung und Prüfung in die Röhrenfassung eingeklebt. Die 6T10/6AD10 sind aus meiner Sicht auch optisch eine attraktive Lösung, da die Röhre einen grösseren Durchmesser hat. Diese Röhren sind dagegen keine Ersatzmöglichkeit für die kleinere EL41.

Für alle drei Röhren können die Novalröhren 6BK5 und die 6HB6 verwendet werden. Da deren Sockelbelegungen und Eigenschaften verschieden sind, gibt es unterschiedliche Adapter. Bei diesen Typen muss der Kathodenwiderstand kleiner werden, es muss also von der Kathode der Ersatzröhre ein Parallelwiderstand gegen Masse geschaltet werden. Diese Masse gibt es aber in der Regel am Sockel der Röhre im Gerät nicht. Dafür haben die EL3 und die EL11 unbenutzte Stifte, die auch nicht mit «i.V.» reserviert sind. Für meine Adapter habe ich den Weg

gewählt, den Stift im Radio mit Masse zu belegen, der bei anderen Typen den Schirm kontaktiert. Diese Ergänzung erlaubt immer noch, die Originalröhre einzustecken. Die Werte für den Parallelwiderstand – unter der Annahme das Radio verwende den empfohlenen Kathodenwiderstand – sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Da die Steilheit der 6HB6 mit 20mA/V zu hoch ist, wird sie erst mit einem Serie-Widerstand in der Kathode von 33R (als Gegenkopplung) auf etwa 12mA/V reduziert.

Röhre	Datenblatt	6HB6	6HB6	6BK5
EL3/N	150R	330R	33R+180R *	1k0 **
EL11	150R	330R	33R+180R *	1k0 **
EL41	170R	270R	33R+150R *	560R

* Seriewiderstand 33R, dann Parallelwiderstand gem Tab.
 ** ohne Widerstand ist Ia etwa 2-3mA tiefer

Tabelle 2

Für die EL41 wird es mechanisch schwieriger, weil es keine Rimlock Adapter gibt und im Kragen des Sockels auch wenig Platz bleibt. Ein aus einer 7pin Adapterplatte gebauter Stecker – Pin 3 (i.V.) wird nicht gebraucht – geht mit auf den grösseren Stiftkreis ausgebohrten Pins in den 8poligen Sockel. Der Adapter muss dann korrekt mit der Lücke bei Pin 3 eingesetzt werden! Der freie Pin 4 wird für den zusätzlichen Kathodenwiderstand mit GND belegt. Weil nur wenig Platz vorhanden ist,



Bild 4: EL41 und Adapter mit 6BK5, Steckerplättchen

wird die 6BK5 empfohlen. Im Bild 4 ist der aus neuen chinesischen Teilen [8] gebaute Stecker und die kleine Platine (unbearbeitet) zu sehen.

Musteradapter und Verdrahtung

Aus meinen Bildern sind die gebauten und geprüften Adapter zu sehen, Tabelle 3 zeigt die Verdrahtung.

Gemessen wurde mit einem französischen METRIX Röhrenmessgerät, das in der Geräteentwicklung eingesetzt wurde. Das Messverfahren ohne Gleichspannung ist einfacher als bei den Geräten von FUNKE oder NEUMANN, aber gut brauchbar. Adapter mit Kondensatoren (Ck) müssen allerdings vorher ohne diese gemessen werden! Bild 5 zeigt

Funktion	EL3 *	EL11 *	EL41	6HB6 6HA6	6BK5	6T10 6AD10
Sockel von unten				Noval 9 Stifte	Noval 9 Stifte	Duodekal 12 Stifte
A	3	2	2	7	1	11
G ₂	4	3	5	6 oder 8	8	10
G ₁	5	4	6	2	3, 7	8
K, G ₃	7	5	7	1 und 3 ***	6 ***	9 ▶ Z _k ▶ 4 **
K, G ₃	-	-	-	9 ▶ 33R ▶ 1	-	-
f	1	7	1	4	4	1
f	8	8	8	5	5	12
neu:GND	2	1	4	R _p von 3	R _p von 6	2 Schirm
i.V.			3			3,5,6,7
n/c	6	6			2, 9	

* Numerierung nach METRIX Röhrenmessgerät
 ** Z_k = 68R mit // 68uF von 9 nach 4, 4 an K
 *** siehe Wertetabelle, Zusatz-R_p nach GND

Tabelle 3

Röhre	Ug1	Rg1 **	Rk *	Ck
5AQ5	(-12V)	330k	330R	47u/25V
5CZ5	(-15V)	680k	390R	47u/25V

Ia≈36mA (Ug1 mit DC gemessen), Rk sind Standardwerte E12

* 2W, Metallfilm Distrelec 160-79-438, 160-79-446

** zulässiger Maximalwert wird verwendet

Tabelle 4:

Funktion	AL4	5CZ5
		universal
Socket von unten		Noval 9 Stifte
A	3	9
G ₂	4	1
G ₁	5	22nF ▶ 3
K, G ₃	7	-
f	1	4
f	8	5
neu:GND	2	680k ▶ 3 390R ▶ 7 47uF ▶ 7
i.V.		8
n/c	6	2

Tabelle 5



Bild 5: METRIX Röhrenmessgerät mit Tastadapter

den 6HB6 Adapter auf der EL11 Radioschaltungsplatine.

Die Resultate wurden grösstenteils mit Gleichspannung überprüft. Die speziellen Prüfplatten simulieren dabei die Verhältnisse im Gerät (Rg, R). Die verwendeten Platten wurden unbestückt in China gekauft [7]. Lange Messleitungen und die fehlende Masseebene verursachten teilweise Schwingprobleme bei den Messungen.

Ein 4V Adapter

Zwar ist das 4V, aber trotzdem: Der Ersatz der Endröhren AL4, E443H/RES964, – mit speziellem Adapter auch AL2, AL3 – (alle in der Gruppe Ia=36mA bei Ua=250V) kann auch mit günstigen US Röhren gemacht werden! Mit der 5CZ5 (Noval) oder 5AQ5 (Miniatur), mit Uf=4,7V/0,6A, kann ein Adapter gebaut werden. Auch wenn die Röhren mit 4V knapp unterheizt sind, funktioniert das gut: Der Anodenstrom wird auf 36mA reduziert (~80%) und damit ist die Belastung der weniger beheizten Kathode kleiner.

Die frühen Röhren haben hohe Gittervorspannungen und die Geräte verwenden manchmal komplexe Anordnungen um die negative Vorspannung für die Endröhre zu erzeugen. Tönt kompliziert? Es geht aber auch einfacher: eine «universelle» Lösung besteht darin, auf dem Adapter die NF über einen Kondensator (22nF/400V) an das Steuergitter



Bild 6: AL4 und Adapter mit 5CZ5

zu legen und Gitterableitwiderstand, Kathodenwiderstand und Kathodenkondensator auch im Adapter anzuordnen. Eine Verbindung zur Masse (siehe oben) ist dann vorzusehen, aber die Gittervorspannung des Geräts hat keinen Einfluss mehr auf den Arbeitspunkt der Ersatzröhre. Die notwendigen Kathodenwiderstände und Gittervorspannungen sind aus der Tabelle 4 ersichtlich.

Im Bild 6 ist das Beispiel 5CZ5 zu AL4 «universal» zu sehen, die Komponenten sind alle im Sockel «versorgt». Die Tabelle 5 zeigt die entsprechende Verdrahtung.

Weitere Möglichkeiten für US Röhren

Nicht alle von mir schon einmal geplanten Adapter habe ich gebaut, aber Daten analysiert, Röhren gekauft und die Ideen elektrisch geprüft. Einige alte und neue Beispiele mit «Minimalpreisröhren» vom Händler zu US\$3 möchte ich hier teilen:

HF/ZF-Möglichkeiten für 4V Radios:

- Der Ersatz der frühen HF-Tetroden wie E452T, RENS1204 usw. oder frühen Pentoden wie E446, RENS1294, AF2, AF3, AF7 usw. kann gut mit der 4DT6 (S=0,8mA/V) oder 4DT6A (S=1,35mA/V) in Angriff genommen werden. Diese spezielle Pentode hat die notwendige geringe Steilheit (um 1-2mA/V), damit ein Geradeempfänger aus den frühen 30ern nicht schwingt! Allerdings hat sie keine Regelcharakteristik. Mechanisch muss der Anodenanschluss kapazitätsarm nach oben gebracht und der Adapter mit einer Abschirmung gebaut werden. Wie das genau gemacht wird, hängt vom verwendeten Gerät ab.

- Der Ersatz solcher 4V HF-Pentoden in Superhetempfängern (weniger Verstärkung auf der gleichen Frequenz) kann auch mit der 4LU6 ($S=3,9\text{mA/V}$) oder für Regelröhren mit der 4BA6 ($S=4,4\text{mA/V}$) versucht werden. Diese Steilheiten sind deutlich höher als bei den alten Mustern ($\sim 2\text{mA/V}$) und vielleicht muss ein Kathodenwiderstand ohne Parallelkondensator (Gegenkopplung) die nötige Verstärkungsreduktion bringen. Mechanisch auszuführen wie 4DT6.

EL95 und ELL80:

- Eine 6DS5 ersetzt die EL95/6DL5 (gleiche Sockelbelegung, Glaskolben etwas länger), zwei eine ELL80. Die 6DS5 wird nach Datenblatt mit $U_{g2}=200\text{V}$ betrieben, 250V sind jedoch zulässig, bedingen aber eine höhere Gittervorspannung. Der Kathodenwiderstand beträgt dann 470R (bei meinen Exemplaren geprüfter Wert) statt nom. 320R bei der EL95. Einfachste Lösung: Im Gerät den Widerstand ändern. Für den Ersatz der ELL80 [7] gepaarte Röhren verwenden, da es nur eine Kathode gibt (6DS5: 235R statt 160R). Mit der 6DS5 könnte man, um die Unsymmetrie zu kompensieren, 2x 150R (je mit Parallelkondensator) im Adapter haben und den Widerstand im Gerät belassen. Das wird dann fast Hi-Fi-tauglich...

Für eigene Audioverstärkerprojekte (wenn man Original US Röhren möchte):

- Zwei 3AV6 oder zwei 6AV6/EBC91 (Triode-Doppeldiode) können eine ECC83 ersetzen. Die Triode hat die exakt gleichen Eigenschaften.

- Eine Compactron® 6AY11 (Doppeltriode-Doppeldiode) ersetzt eine ECC83 (bei $U_f=6,3\text{V}$)



Bild 7: ECC83 Adapter mit 6AY11

exakt, es sind die gleichen Trioden, der Heizstrom ist 0,69A. Der gebaute Adapter (Bild 7) ist wohl eher eine technische Kuriosität – aber er funktioniert!

Zum Schluss

Meine Experimente in Röhrentechnik haben Spass gemacht und wenn jetzt jemand sein Radio damit testet, freut es mich. Einige der beschriebenen Röhren kann man bei mir kaufen – solange es hat. Ein Projekt für kühlere Herbstabende?

Anmerkungen:

[1] Das ist bitte nicht wertend zu verstehen, sondern eine Beschreibung der Marktsituation.

[2] Zum Beispiel bei <https://diuwuestens.de/dindex.htm> gibt es EL84 als «Hausmarke», 6V6GT/6P6S oder «low budget» ECC83 alles aus China/Russland, geprüft und zu einem vernünftigen Preis.

[3] Eine schöne Zusammenstellung von 4V- und 11er Serie-Ersatz mit europäischen und russischen Röhren ist hier <http://jogis-roehrenbude.de/Roehren/Umsockeln.htm> zu finden.

[4] Eine umfassende und preiswerte Quelle für geprüfte amerikanische Röhren, inkl vieler Vergleichstypen zu europäischen Modellen: <http://www.vacuumtubes.net/>. Ein weiterer günstiger Anbieter ist <https://vacuumtubesinc.com/>. Bei beiden Lieferanten gibt es die erwähnten Typen alle, US\$3 ist dabei der «Standardminimalpreis».

[5] <https://hb9aik.ch/technotes.htm>

[6] Gebrauchsanweisungen wie man das tut, finden sich im Web.

[7] Etwa beim Ebay-Verkäufer «xulingmrs» findet sich Material in guter Qualität, darunter auch der Adapter 6AQ5 auf 6V6 oder der kleine Print für 2x EL95 (oder eben auch 6DS5) auf ELL80 (Achtung auf die Orientierung der Novalpins, damit das im Radio auch Platz hat!).

Überdies gibt es dort auch die verwendeten Prüfplatten für Miniatur-, Noval-, Oktal- und Compactron®röhren.

[8] Auch wieder bei «xulingmrs»: es gibt ein Anpassplättchen aus Epoxymaterial, das für Subminiaturröhren 5702 etc. vorgesehen ist und Löcher für 7 Pins hat.

Dazu braucht man noch die «normalen» Stifte, die auch angeboten werden.

Quellen:

[a] Röhren-Taschen-Tabelle, Jürgen Schwandt, 14. erw. Auflage, Franzi 1994.

[b] RCA Receiving Tube Manual RC-30, RCA Corporation 1975

[c] Essential Characteristics, General Electric Company, 14th Ed.

[d] Tube SQL Database, <http://www.nj7p.org/>, Bill's Ham Radio Web Server",

[e] 70 Years of Radio Tubes and Valves, John W. Stokes, 2nd Ed., 1997

[f] <https://www.radiomuseum.org/>

[g] Radio Tubes Vade-Mecum, P. H. Brans, 12th Ed., 1955

Kontaktdaten:

Fragen und Kommentare gerne über:

<https://hb9aik.ch>

oder

hb9aik@hb9aik.ch.