

Untersuchung von möglichen Ersatztypen zur 6146B

Version 1.0

Datum: 07.08.2023

Autor: Michael Bojahr / DH5DAR

Die Funkgeräte aus den 70iger Jahren der Firma Kenwood und einiger anderer Hersteller, verwenden in den Sendeendstufen den Röhrentyp 6146B. Um eine Sendeleistung von etwa 100 Watt zu erreichen, werden in diesen Amateurgeräten üblicherweise zwei Röhren parallelgeschaltet.

Die Röhre 6146B ist seit 1964 eine Weiterentwicklung der 6146 und der 6146A. Laut RCA ist die 6146B abwärtskompatibel zu den Typen 6146 und 6146A.

Der Unterschied der 6146A und 6146B zu der 6146 ist laut RCA-Bekanntmachung und dem Datenblatt eine Änderung an der Heizung (dark heater) und eine höhere Anodenverlustleistung bei der 6146B. Im Detail bedeutet dies, dass die Heizung der Röhren für den mobilen Einsatz konzipiert wurde mit einer nominalen Heizspannung von 6,3 V, welche aber laut RCA von 5 bis 8 Volt variieren darf. Die Heizung soll auch deutlich kälter sein als bei den Vorgängern und mechanisch Schwingungen besser vertragen. Die Anodenverlustleistung wurde bei der 6146B von 25 auf 35 Watt angehoben.

Nun wird die 6146B schon lange nicht mehr von den bekannten US-Firmen hergestellt und die Nachbauten aus China erfüllen auch nicht immer die Erwartungen, die der Funkamateurl hat, wenn er „frische“ Röhren für seinen Transceiver gekauft hat und diese vielleicht nicht so funktionieren wie erwartet. Auch brauchte man kein matched Pair kaufen, weil RCA, GE oder andere US-Hersteller so eng tolerierte Röhren gefertigt haben, dass dies schlicht nicht notwendig war. Auch Trio Kenwood schreibt im Servicemanual, dass es nicht notwendig ist „matched final Tubes“ zu verbauen.

Wenn allerdings heute ein Röhrentausch ansteht, greift man auf Hardware zurück, die entweder bis zu 50 Jahre gelagert wurde oder eben aktuell gefertigte Chinaware. Da sollte man schon darauf achten, dass sich die beiden Ersatzröhren nicht zu sehr in ihren elektrischen Eigenschaften unterscheiden. Sonst könnte eines der beiden Schätzchen rote Bäckchen bekommen und vorzeitig den Dienst quittieren.

Da noch manches Funkgerät aus jener Zeit bei den OM's im Shack steht, ist die Nachfrage nach 6146B Röhren immer noch vorhanden. Wie immer, wenn Bauteile gesucht werden, welche nicht mehr aktuell sind und bei jedem Händler im Regal liegen, wird es schwierig gute Ware zu einem günstigen Preis zu bekommen. Deshalb stellt sich auch die Frage nach Vergleichstypen, oder zumindest alternativen Röhrentypen, die in einem TRX etwa die gewünschten 100 Watt Sendeleistung sicher und mit guter Signalqualität erzeugen können.

Dazu muss untersucht werden, ob die gefundenen Ersatzröhren in das Schaltungsdesign passen, ausreichend leistungsfähig und linear sind.

Eine interessante Variante ist die Röhre 6146J SQ. Gefertigt wurde diese bei der Firma Phillips. Leider hat Phillips das Datenblatt gut versteckt. Eine Internetrecherche war erfolglos. Der Anhang SQ könnte ein Hinweis auf „Selected Quality“ sein. Ob es nun eine 6146 Typ A oder Typ B ist, konnte so nicht geklärt werden. Also muss ein Praxistest her, um zu bewerten, ob die 6146J SQ eine Alternative sein könnte.

Eine ebenfalls interessante Variante ist die Röhre 6883B / 8032A / 8552. Hinter dieser Typenbezeichnung verbirgt sich ein pedant zur 6146B mit dem Unterschied, dass diese statt mit 6,3 Volt mit 12,6 Volt geheizt wird. Es sollte kein Problem sein, diese Röhrentypen in einen Amateurtransceiver zu verwenden, wenn dieser für eine Heizspannung von 12,6 Volt entwickelt wurde. In diesem Fall muss nur die Heizung der beiden Röhren von einer Reihenschaltung auf Parallelschaltung neu verdrahtet werden. Bei Kenwood ist die Heizspannung am Trafo üblicherweise 12,6 V und der Umbau ist einfach zu erledigen.

Ein Satz 8032 standen für den Test zur Verfügung, welche der 6146 entsprechen. Diese haben eine geringere Anodenverlustleistung, aber warum sollte nicht mal probiert werden, ob sie nicht doch ausreichen. Funkamateure haben Senderöhren gerne im Grenzbereich ihrer Leistungsfähigkeit oder sogar darüber betrieben.

Eine weitere Röhre, die betrachtet wurde ist die 6293. Während die Röhren der 6146 Familie im Datenblatt als Senderöhren ausgewiesen werden, ist die 6293 für Impulsbetrieb konzipiert worden. Diese Röhre kann 1-Kilowatt Input im Impulsbetrieb! Um das zu leisten hat die 6293 eine deutlich stärkere Anode als die 6146. So sollen – laut K9STH – die 6293 eine fünf bis 10-fache Lebensdauer in Sendeendstufen gehabt haben und das obwohl das Datenblatt nur 80 Watt Plate-Input ausweist. Bleibt zu klären, wie es um die Linearität steht.

Das Funkgerät für den Test ist ein TS520. Das fast 50 Jahre alte Gerät ist geprüft, gewartet und funktioniert problemlos. Da in Deutschland die nominale Netzspannung um 1975 noch 220 Volt und nicht 230V betrug, habe ich die Primärspulen des Netztransformators auf 2 x 120V, also 240V, um verdrahtet. Sonst hätte an den Anoden im Leerlauf eine Spannung von etwa 900V angelegen. Nach der Änderung sind es nun wieder 850V im Leerlauf und 750V bei Vollauststeuerung. Das hatte Kenwood auch ursprünglich so vorgesehen. Bestückt mit einem Röhrensatz 6146B von RCA erreicht der Sender im 80 Meterband nun sichere 130Watt und bei 29MHz gute 100Watt CW.

Für die Messung des Intermodulationsabstands habe ich zwei Sinusgeneratoren TG40 von Grundig verwendet. Diese erzeugen einen Sinuston bei den gewählten Einstellungen mit einem Klirrfaktor kleiner 0,05% für die Zweittonmessung. Die Messfrequenzen sind 1075Hz und 1500Hz. Damit sind die geraden und ungeraden Intermodulationsprodukte auf dem Spektrumanalyser deutlich zu unterscheiden.

Der Spektrumanalyser ist ein Siglent SSA 3021X, der über ein 1KW 50dB Dämpfungsglied an den Senderausgang angeschlossen ist. (Siehe Bild 1)

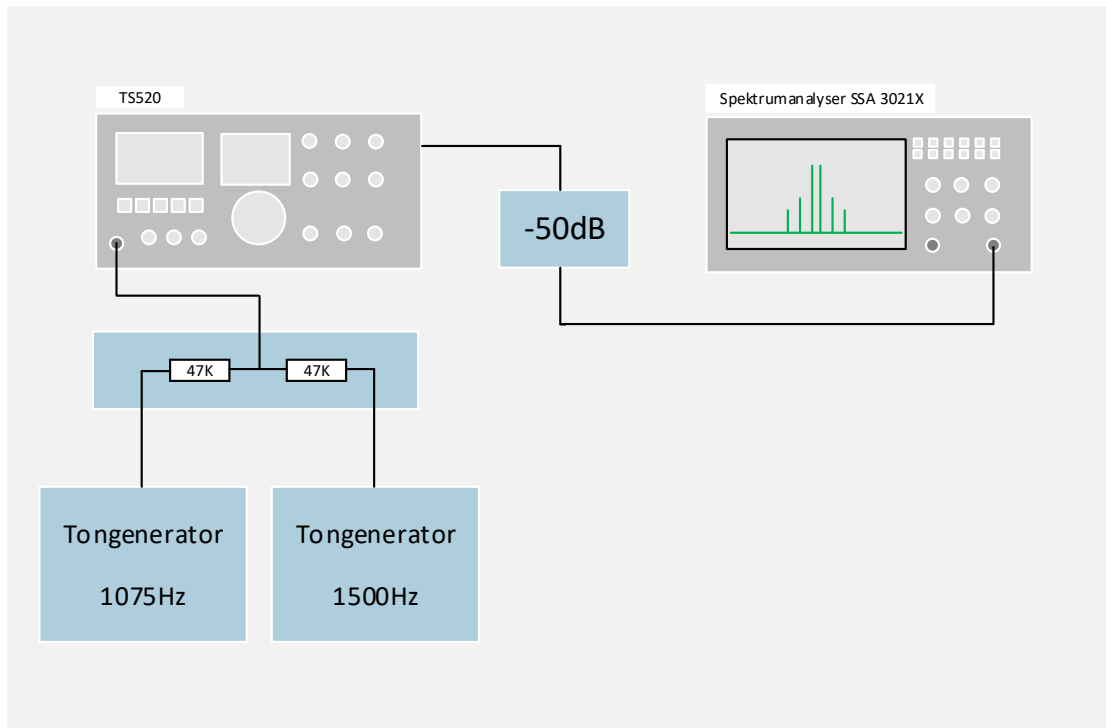


Abbildung 1 Messaufbau

Zunächst habe ich die Messung des Intermodulationsabstands mit den alten, ursprünglich eingebauten 6146B durchgeführt und mich gewundert, dass der IM3 Abstand zu den einzelnen Spektrallinien der Nutzfrequenzen nur 22dBc (28db PEP) beträgt (siehe Bild2). Bei CW oder einem Piff ins Mikrofon waren die Röhren unauffällig, bezogen auf die Ausgangsleistung.

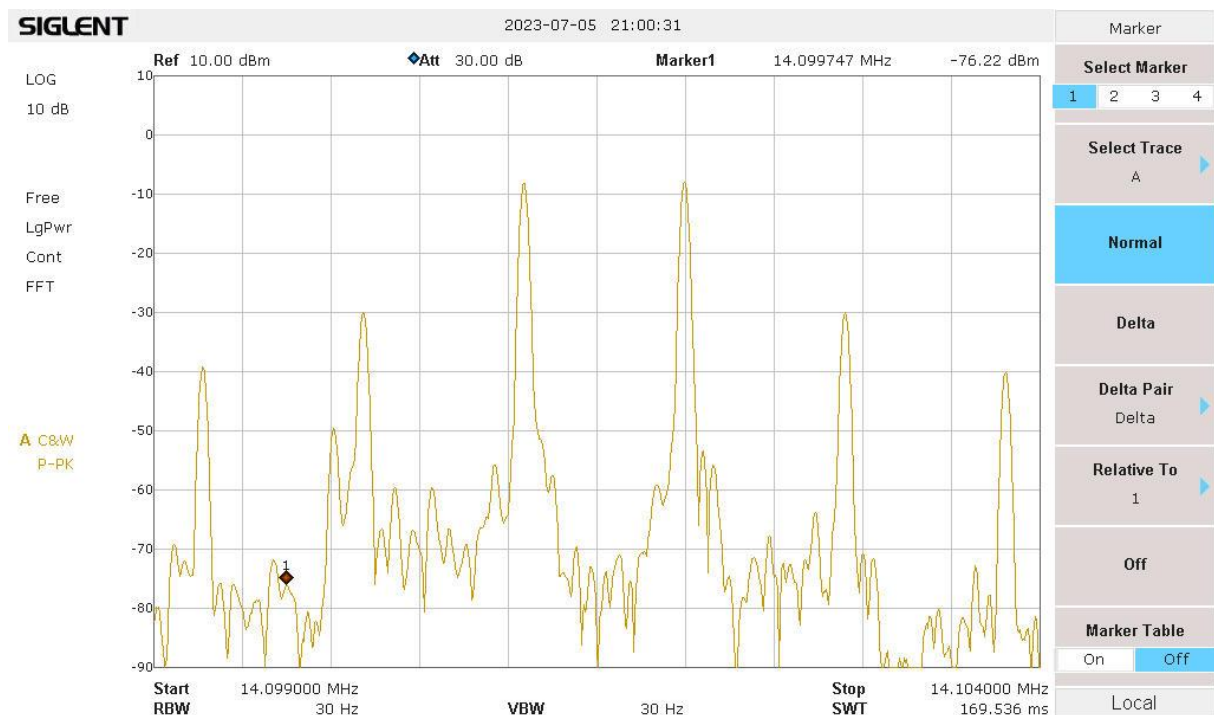


Abbildung 2 Bias-Strom 60mA mit altersschwachen Endröhren

Nachdem ich die alten Röhren gegen „neue“ ausgetauscht hatte, stimmte mein Weltbild wieder. Röhrenendstufen in Sendern können ein sauberes Ausgangssignal erzeugen.

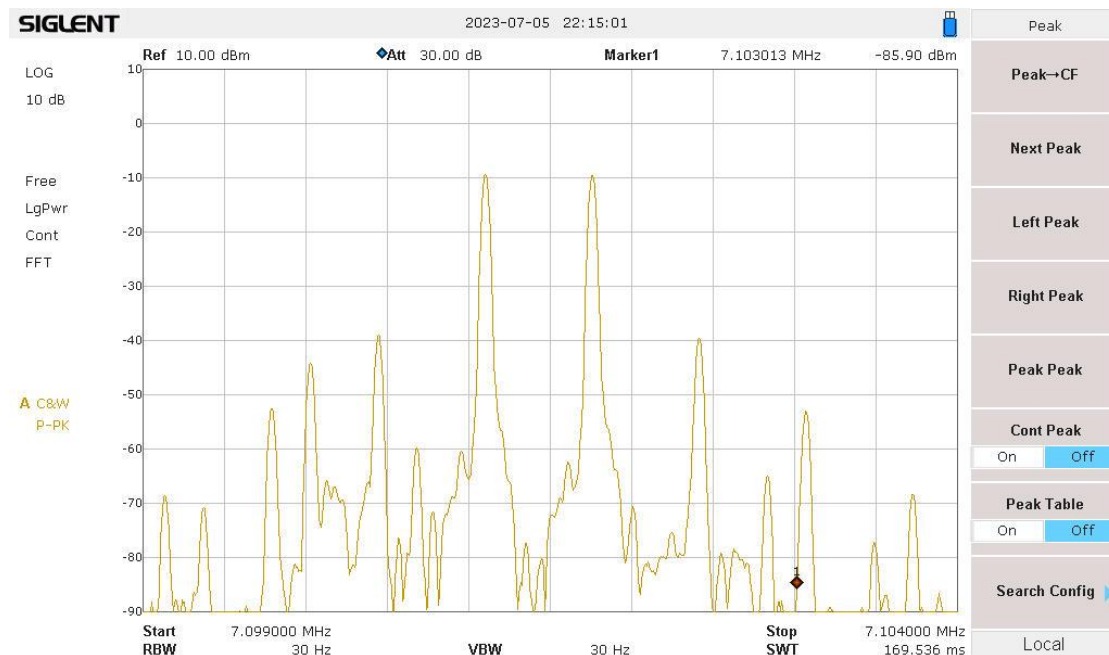


Abbildung 3 Bias-Strom 60mA

Hier das Messergebnis mit den 6146J SQ (Bild 3). Hier ist der Abstand der IM3-Produkte 30dB unter den Nutzsignalen. Damit ist der intermodulationsfreie Bereich 36 dB unter PEP. Die neuen 6146B zeigten genau das gleiche Bild. Die folgenden Messungen mit den 8032 und den 6293, reihen sich eins zu eins ein, im HF-Spektrum sind keine Differenzen erkennbar. Das zeigt, dass auch die Impuls-Röhre 6293 ein guter Ersatz in einer Sendeendstufe sein kann.

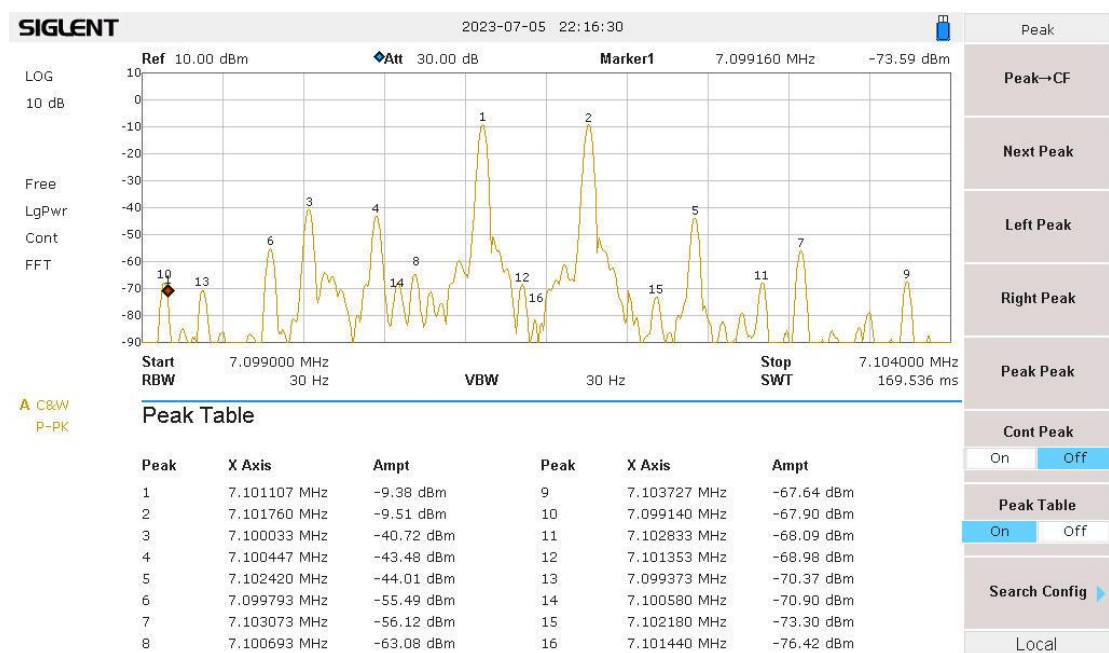


Abbildung 4 Bias-Strom 80mA

Zuletzt habe ich den Bias-Strom noch von 60 auf 80 mA für beide Röhren erhöht und dabei festgestellt, dass der Sender dadurch ein noch saubereres Signal erzeugen kann. (Bild 4)

Die IM3_Produkte (4 u. 5) sind nun 34dB unter den Nutzsignalen (1 u. 2) und 40dB unter PEP. Das ist für ein so altes Funkgerät schon sehr bemerkenswert. Nun ist natürlich die Anodenverlustleistung größer und der Wirkungsgrad schlechter. Die Linie bei -40dB (3) links zwischen IM3 (4) und IM5 (6) ist übrigens der Restträger. Das hat mir gezeigt, dass ich den Balancemodulator noch auf Trägerminimum abgleichen muss. Nach dem Abgleich ist diese Linie deutlich kleiner.

Als Ergebnis kann man festhalten, dass die getesteten Röhren allesamt als Ersatzröhren in dem TS520 problemlos funktioniert haben. Die Linearität ist auch bei den 6293 gegeben und der robuste Aufbau lässt eine lange Lebensdauer erwarten. Mit Instabilitäten, in der Form von Schwingneigungen, habe ich keine Probleme gehabt. Die Neutralisation konnte bei allen Röhrenpärchen gut eingestellt werden.

Selbst die 8032, welche ja nur der „kleine Bruder“ mit 12V Heizspannung ist und eigentlich der 6146A entspricht, konnten zu zweit problemlos 100W und mehr HF-Leistung abgeben. Es kann aber sein, dass diese Röhren nicht die gleiche Lebensdauer wie die 6146B erreichen, weil sie näher an der Lastgrenze betrieben werden. Bei 110 Watt CW brach die Anodenspannung auf 750Volt zusammen und der Kathodenstrom beider Röhren war im maximum 220mA. Das macht 165Watt Eingangsleistung. Pro Röhre 6146A sind 90 Watt und bei der 6146B 120 Watt CW Input laut Datenblatt zulässig. Das bedeutet, dass in beiden Fällen die Röhrenpärchen nicht überlastet sind. Bei der 6293 wird ein Wert von 80 Watt Anodeneingangsleistung angegeben, allerdings für einen Impulsmodulator. Ich hätte trotzdem keine Bedenken diese Röhren zu verbauen, da sie für hohe Anodenspitzenströme und für Anodenimpulsspannung von bis zu 3kV konzipiert sind. Da würde ich auch auf die praktischen Erfahrungen der alten Hasen wie K9STH vertrauen (siehe oben).

Alles in allem, zeigte sich bei dem Test, dass der Ersatz der 6146B durch ähnliche Röhren - auch schwächere - durchaus möglich ist. Die gewonnenen Erkenntnisse sind sehr wahrscheinlich auch auf Transceiver anderer Hersteller übertragbar. Ich kann aber keine Verantwortung für die Funktion der Umbauten übernehmen. Der Umbau erfolgt immer auf eigenes Risiko. Ich habe hier nur meine Erkenntnisse bei der Reparatur meines TS520 beschrieben.

Vielen Dank an Jan Wüsten für die Unterstützung und die Bereitstellung der Röhren.

Literaturnachweis:

- Servicemanual TS 510
- Servicemanual TS 520
- Servicemanual TS 820
- Servicemanual TS 830
- Datasheet RCA-6146B/8298A

- Datasheet RCA-6883B/8032A/8552
- Datasheet RCA 6293
- Datasheet RCA 8032
- Funkamateurl Heft 12/15 NF-Zweitongenerator für IM-Messungen an SSB-Sendern (Teil1), Dipl.-Ing. Werner Schnorrenberger
- Article by Glen E. Zook, K9STH: 6146 Family of Vacuum Tubes, <https://www.tubesandmore.com/tech-articles/6146-family-tubes>