

4. Gesamtprüfung, Endabgleich, Endmontage

4.1 Vorbemerkungen

Ebenso wie der Bau des QRP14 eine Mindestausstattung an mechanischen Werkzeugen erfordert, ist der abschließende Abgleich nicht ohne entsprechende Mindestausstattung an Prüf- und Meßmitteln zu bewerkstelligen. Selbstverständlich sind S-Meter und interner Frequenzzähler als Hilfsmittel bestens mitverwendbar, ohne eine Meßmöglichkeit für z. B. HF-Spannungen, und -Leistungen kann der Abgleich jedoch nicht durchgeführt werden.

Bei einem Meßmittelpark, der über das geforderte Mindestmaß hinausgeht, können selbstverständlich die Messungen auch in einer geänderten Form erfolgen. So ist es z.B. denkbar, daß Durchlaßkurven mit einem Spektrumanalysator zusätzlich noch auf Nebenwellenunterdrückung optimiert werden. Damit könnten die Daten des QRP14 zusätzlich nochmals geringfügig verbessert werden.

Für Nachbaugruppen gedacht, für »Einzelkämpfer« jedoch nicht unbedingt lohnend, steht zur Fehlersuche ein Testkarte mitsamt Prüfschablonen zur Verfügung.

Aus Gründen der leichteren Vervielfältigung wurden alle zu diesem Abschnitt gehörenden Skizzen auf einem eigenen Blatt in Abschnitt 4.4 zusammengefaßt.

4.2 Gesamtprüfung und Endabgleich

4.2.1 Prüf- und Meßmittel

1. Netzgerät: 2 V...15 V regelbar, Strombegrenzung einstellbar von 0...1 A
2. Vielfachinstrument: DC-Spannung 100 mV (Vollausschlag) bis 20 V
DC-Strom 100 mA (Vollausschlag, oder besser) bis 1 A
3. Oszilloskop: Bandbreite 10 MHz min., Tastkopf 1:1, 20 pF max. oder Tastkopf 10:1, 7 pF max., 5 mV Empfindlichkeit
4. Demodulatorastkopf: (z.B. RS-Elektronik, Best.-Nr. 610-275 o. ä.), falls nicht vorhanden durch Selbstbau-Demodulator (**Skizze 4**) ersetzen
5. HF-Signalquelle: einstellbar auf Mittenfrequenz der Empfangsbereiche, z. B. Meßgenerator, Prüfoszillator (Bild 53 und Abschnitt 5.3) oder (aber nur im Notfall) warm gelaufener Grid-Dipper, Pegel 20 uV... 80 uV (S7 bis S9)
6. Leistungsmesser: entweder Durchgangsausführung mit 10-W-Dummyload oder Endleistungsmesser mit 10-W-Bereich. (z.B. Diamond SX-200) Es kann auch eine Dummylast verwendet werden, an der die HF-Spannung gemessen wird. Diese Messung kann mit dem Demodulatorastkopf oder einem Oszilloskop erfolgen. Letzteres muß dann allerdings einen Frequenzbereich von >30 MHz erfassen können (z. B. 60 MHz).
7. Frequenzzähler: obere Meßgrenze 25 MHz min., Empfindlichkeit 50 mVeff min., Auflösung 100 Hz min., Eingangsimpedanz hochohmig, z. B. 100 kOhm.
8. Abgleichwerkzeug: Für Kapazitäts- und Widerstandstrimmer Schraubendreher mit etwa 1.5 mm ... 2 mm Klingenbreite; für HF-Spulen Kunststoff-Abgleichbesteck mit Kunststoffklingen oder Messingensätzen.
9. Adapter zum Hochsetzen der Steckplatinen. RX-Bandpässe, BFO und FAB lassen sich so leichter ausmessen und abgleichen.
10. Meßbuchsen: 5polige Buchsenleisten zum Aufstecken auf die Steckleisten der Verbindungsplatte und zum Anschließen der Meßkabel bzw. Abschlußwiderstände, mindestens 2 Stück erforderlich.
11. Schalteradapter: Kleiner Schiebeschalter an 3poligem Stecker für die Tastenbuchse zum manuellen S/E Schalten. (Ausführung: siehe Bild 52/3)

4.2.2 Generelles

Der HF-Abgleich der Leiterkarten setzt die **einwandfreie** Funktion der Baugruppen voraus. Ein HF-Abgleich sollte also nur angegangen werden, wenn die Leiterkarten an der vorgesehenen Betriebsspannung eine korrekte Stromaufnahme und die an den angegebenen Punkten ausgewiesenen DC-Pegel zeigen. Die **vorherige gewissenhafte optische Prüfung auf korrekte Bestückung und präzise Lötstellen** ist selbstverständliche Voraussetzung.

Die **Prüfung** der Einzelbaugruppen erfolgt auf der Verbindungsplatte. Dies hat gegenüber dem Test auf der »Testkarte« den Vorteil, beim HF-Abgleich Streueffekte der Umgebung bzw. der zuführenden Leiterbahnen herausstimmen zu können. Lediglich die BFO-Baugruppe und die Empfänger-Bandpässe müssen zum Abgleich auf einen Adapter gesteckt werden. Messungen zur Fehlersuche oder Überprüfung von DC-Spannungen (Arbeitspunkten) werden sinnvollerweise ebenfalls mit der Adapterkarte auf der Verbindungsplatte durchgeführt, um in den beengten Platzverhältnissen mit Meßspitzen zu recht zu kommen.

Selbstverständlich sind die Karten auch einzeln auf dem Labortisch testbar. Dann ist aber unter allen Umständen die Testkarte zu verwenden, oder eine Kontaktierung mit möglichst originalen (vergoldeten) Stiftleisten vorzunehmen. Verzinnte oder zu dicke Drähte in den Buchsen führen anschließend zu schlechter Kontaktgabe und **Ausfall der Karte!** HF-Baugruppen wie Sender und FAB zeigen bei Einzelprüfung ohne die Masseverhältnisse, wie sie die Verbindungskarte bietet, u. U. andere Eigenschaften. Dies kann von schlechtem Nebenwellenabstand bis zu Schwingneigung bei zu langen Zuleitungen reichen. Deshalb wird dringend empfohlen, nachstehender Prüfanweisung Schritt für Schritt zu folgen.

Der QRP14 ist ein Portabelgerät, wird also im rauen Einsatz betrieben. Dies erfordert einen Abgleich, der sich durch mechanische Stöße, Erschütterungen oder Vibrationen nicht verändern darf. Insbesondere die HF-Spulen haben deshalb eine Kernbremse, die dazu dient, den Sitz des Kerns im Spulenkörper unverrückbar zu fixieren. Sie besteht aus einer feinen Silikonraupe auf dem Gewinde des Abgleichkerns. Aus vorgenannten Gründen sollte sie also nicht entfernt werden!

Die Kernbremse hat durch ihren Verwendungszweck natürlich den Nachteil, daß sich während des Abgleichvorgangs der Kern nur mit einem bestimmten Drehmoment bewegen läßt. Verwendet man kein geeignetes Abgleichbesteck - also z. B. Schraubendreher mit harter, unpassender Klinge - kann es passieren, daß der Kern im Bereich des Schlitzes ausbricht. Das sollte unter allen Umständen vermieden werden!

Ist es dennoch passiert, helfen u. U. folgende Hinweise weiter: Ragt der Kern noch weit genug aus dem Spulenkörper hervor, diesen vorsichtig mit den Fingerspitzen (nicht mit einer Zange!) fassen und herausdrehen. **Kern ersetzen:** Ist der Kern bereits in den Spulenkörper eingedreht, Platte aus den Steckfassungen der Verbindungsplatte herausziehen, umdrehen und von der Rückseite exakt zentrisch unter dem entsprechenden Spulenkörper ein Loch von 1.5 mm bohren. Das geht natürlich nur dort problemlos, wo es das Layout zuläßt, also in der Massefläche. (Laufen in diesem Bereich Leiterbahnen, dann kann trotzdem gebohrt werden, nur sind die Leiterbahnen nach beendeter Aktion mit kleinen Drähten wiederherzustellen) Nun den Kern vorsichtig von der Rückseite her nach vorne ausdrehen. Manchmal klemmt der Kern und bricht auch von der Rückseite her aus. In diesem Fall muß die Spule ausgebaut und komplett ersetzt werden.

Besitzt ein Kern keine **Kernbremse**, also solche Kerne z. B. die ersatzweise nachgerüstet werden mußten, dann läßt sich diese leicht **selbst herstellen**. Man verwendet dazu einen etwa 1 mm breiten und 15 mm langen Tesafilmstreifen, steckt ihn weit genug mit der Klebeschichtseite nach außen in den Spulenkörper, hält das obere Ende fest und dreht anschließend den Kern ein. Sollte der Kern noch zu locker sitzen, Streifen breiter schneiden oder doppelt nehmen.

Vor jedem Wechsel der Baugruppen sollte die **Betriebsspannung** ausgeschaltet werden - Vorsichtshalber!

[xyz] = Protokollpunkte

kursiv = Alternativmessung

4.2.3 Vorbereitungen

Den Bestückungsplan der Verbindungsplatte bereitlegen. Verbindungsplatte (optisch bereits geprüft) über die Stiftleiste St1 mit dem Netzgerät verbinden:

Pin 1 = links = Masse (-) Pin 5 = rechts = +12,0 V.

In die Plusleitung Strommesser einschleifen oder Netzteil mit Amperemeter verwenden. Strombegrenzung auf etwa 50 mA einstellen. Messung der Spannung (12 V) bei den Sendermessungen (hoher Strom) direkt an St1!

Wichtig: Alle nachfolgenden DC-Werte werden gegen Masse gemessen, alle HF-Werte beziehen sich auf die Messung mit dem selbstgebauten Demodulator.

Die vorgeprüfte Platine E-Bug einstecken (Steckplatz ganz links); Stromaufnahme etwa **9 mA** ± 2 mA. **[1]** **Wichtig:** Der »WpM-Schalter« darf nicht in »tune« stehen.

Stabilisierte Spannung **+10 V kontrollieren**, z. B. am Pin 3 des BFO-Steckverbinders St202. **[2]** Toleranz: ± 10 mV

Den vorbereiteten Schalter mit dem 3poligen Stecker in die obere Position der E-Bug-Buchse stecken und nach oben (Sendertastung) stellen. **+12 V TX prüfen**, z. B. an St301, Pin3. **[3]**

+12 V RX muß bei Sendertastung **abschalten** - zu prüfen z. B. an St602 (RX), Pin3. **[4]** Die Platine E-Bug bleibt mitsamt des Schalteradapters während des weiteren Prüfungsvorgangs eingesteckt.

4.2.4 VFO / VCO

Die vorgeprüfte Baugruppe **VFO** (mitsamt RIT und VCO) auf die Verbindungsplatte **stecken**. Steckplatz ganz rechts. Strombegrenzung am Netzgerät auf etwa 100 mA einstellen und 12,0 V einschalten bzw. anlegen.

Bandschalter Stellung **40 m** (ganz links). Die Stromaufnahme soll - ungetastet - etwa bei **17 mA** ± 4 mA liegen **[1]** (Summe aus E-Bug und VCO/VFO!).

DC-Kontrolle entsprechend Skizze 1 [2] danach:

Verbindungspunkt R39/R40/C13 = **0,44 V**. **[3]**

Verbindungspunkt D7/R8, Bandschalter in Stellung 20 m = **5,6 V** **[4]** und

Verbindungspunkt D8/R9, Bandschalter auf 10 m = **5,6 V**. **[5]**

Alle DC-Spannungen dürfen um $\pm 10\%$ abweichen.

Eine Meßbuchse gemäß **Skizze 2** auf den FAB-Stecker **St702** aufstecken. *An Pin 1 muß mit dem Oszilloskop, Tastkopf 1:1 (Skizze 3), eine HF-Spannung von 2,0 Vss ± 0.3 V zu messen sein.* Der selbstgebaute Demodulator (**Skizze 4**) zeigt eine Spannung von **720 mV** ± 130 mV an. **[6]** **Wichtig:** 1-kOhm-Lastwiderstand nicht vergessen!

Anstelle des Demodulators ein Koaxkabel mit maximaler Länge von 1 m anlöten und am Frequenzzähler anschließen. Abstimpfpoti R1 auf Rechtsanschlag drehen, RIT-Poti auf Mittelstellung. Mit **L1** Frequenz auf etwa **3,103 MHz** einstellen **[7]** (Vorsicht mit dem Spulenkern, nicht abbrechen!). Dann R1 auf Linksanschlag drehen. Mit **R2** Frequenz auf etwa **2,997 MHz** **[8]** justieren. Abstimmung auf Bandmitte drehen und RIT-Abstimmbereich von etwa $\pm 1...2$ kHz überprüfen. Leuchtet die RIT-LED? Beide Punkte: **[9]**

(Anstelle eines externen Frequenzzählers kann auch der interne Zähler zum Abgleich des VCO herangezogen werden. Dazu sind mit einem 5poligen Adapterkabel die Platine AZ (NF/AGC) mit dem Zähler über St1 - Bu1 mit der Verbindungsplatte zu kontaktieren. Anschließend wird der Frequenzzähler-Eingang mit seinem Anschlußkabel an der Verbindungsplatte angeschlossen. Die Stromzuführung (+12,0 V) geschieht an der Kathode der Diode D1 auf der AZ-Platine (ohne eingebaute Akkuzellen!!!). Voraussetzung: geprüfte AZ mit vorab geeichter Zähler-Referenzfrequenz.)

Jetzt kann die Abschaltung der RIT-Verstimmung im Sendefall getestet werden. Dazu Sender tasten. Die RIT-LED muß ausgehen und die Frequenz auf den Wert bei ausge-

schalteter RIT zurückspringen. Der Versatz zwischen RX- und TX-Frequenz wird mit **R24** weggestimmt. Also nochmals: RIT auf Mittelstellung - Frequenz merken. RIT auf Rechts- oder Linksanschlag und Sender tasten. Mit R24 gleiche Frequenz einstellen. Da die Mittelposition des RIT-Pot mechanisch etwas Spiel hat, kann ein geringer Versatz, je nach Position, verbleiben. Dieser sollte nicht größer als 50 Hz sein. **[10]**

Zur Überprüfung der **Quarzoszillatoren** wird eine Meßbuchse nach **Skizze 5** auf die Steckleiste FAB St702 gesteckt.

In Stellung **20 m** beträgt die Stromaufnahme ca. **21 mA ±4 mA [11]** (nur E-BUG und VFO/VCO). Am Lastwiderstand 1 kOhm ist *eine HF-Spannung (Oszilloskop) von 350 mVss ±70 mV oder 100 mV DC ±30 mV [12]* zu messen. Die Stromaufnahme bei 10 m ist etwa identisch, die HF-Spannung darf maximal 15 % vom 20-m-Wert abweichen. Ist die Spannung bei 20 m deutlich größer/kleiner als der hier vorgegebene Wert, kann durch verkleinern/vergrößern von R41 der Pegel an den Wert bei 10 m angepaßt werden. **[13]**

Zur Sicherheit kann noch die exakte **Frequenz** der Quarze mit einem externen Zähler überprüft werden. Zulässige Maximalabweichung ist ±800 Hz. **[14]**

Hinweis: Falls die unzureichende Genauigkeit der Bandquarze stört, kann die breite Leiterbahn zwischen Quarz und Oszillator aufgetrennt werden. Über die Lücke wird bei zu tiefer Resonanzfrequenz ein (Chip-) Kondensator eingelötet. Sein Wert kann zwischen 47 und 220 pF betragen und muß ausprobiert werden. Bei zu hoher Quarzfrequenz ist an derselben Stelle eine kleine HF-Drossel mit einem Wert zwischen 0,47 und 2,2 µH einzulöten. So lassen sich die Quarze auf nur wenige Hz Restabweichung ziehen. Danach muß der Pegel erneut überprüft werden.

Anschwingsicherheit: Die Betriebsspannung auf 6 Volt verringern: beide Quarzoszillatoren müssen sicher anschwingen. **[15]** 12 Volt ausschalten, VFO entfernen.

4.2.5 FAB

Die FAB-Karte auf die Verbindungsplatte stecken (zweiter Steckplatz von rechts). Meßbuchse nach **Skizze 6** auf St602 (RX) aufstecken. Wichtig: Dieser Abschluß muß bei allen Messungen mit FAB aber ohne RX aufgesteckt bleiben. Grund: Ohne Last für den LO-Treiber kann dieser zu schwingen beginnen und die Meßergebnisse drastisch verfälschen! 12.0 V erneut einschalten.

Die **Stromaufnahme** (E-BUG plus FAB) ist band- und betriebsabhängig. Durch die begrenzte Zahl von Anschlußpins konnte die Einschaltung der Bandfilter nicht bandweise/pinweise vorgenommen werden. Das 40-m-Bandfilter ist daher logisch mit den beiden anderen Eingängen verknüpft und immer dann aktiv, wenn 20 m oder 10 m **nicht** aktiviert sind. Dazu kommt, daß der Mischer im 40-m-Band nicht benötigt wird und abgeschaltet bleibt.

Also Stromaufnahme 40 m/20 m/10 m = **40 mA [1] / 52 mA [2] / 52 [3] mA**. Bei Sendertastung geht der Strom (durch Abschaltung des Empfänger-LO-Treibers) um jeweils etwa 18 mA zurück. **[4]** Toleranz der Ströme: ±10%

DC-Kontrolle: Die Platine auf die Adapterkarte stecken, weil durch die Massefläche auf der Bestückungsseite beim Messen leicht Kurzschlüsse möglich sind.

Band- und **betriebsunabhängig** sollten folgende Spannungen zu messen sein:

Verbindungspunkt T2, Emitter/C11/R9 = **1,8 V [5]**

Sender nicht getastet, Verbindungspunkt T3, Emitter/C44/R22 = **1,2 V [6]**

10 m/20 m: Pin 8, IC1 = **7,5 V [7]**

Verbindungspunkt R5/C8/D13 = **4,1 V [8]**

Verbindungspunkt R24/R17/R16/C43: **40 m = 2.5 V [9] 20 m/10 m = 3.2 V [10]**

Toleranz jeweils ±15%.

Die VFO-Baugruppe auf die Verbindungsplatte stecken (FAB auf der Adapterkarte lassen). Auf Stecker St202 (BFO) zusätzlich eine Meßbuchse entsprechend **Skizze 7** aufstecken. St602 bleibt abgeschlossen.

Der Kern der Spule L4 (oben links) wird zuerst bündig ein- und dann 1/2 Umdrehung wieder herausgedreht. Ein genauer Abgleich von L4 wird zu einem späteren Zeitpunkt noch vorgenommen.

Hauptabstimmpot R1 (VFO) auf Bandmitte drehen und den Sender tasten. Nun werden die Bandfilterspulen L13/L14 (**20 m, oben**) und L17/L18 (**10 m, unten**) auf maximalen Ausgangspegel abgeglichen.

An Pin 5 (Tx-Mi) sind (mit dem Demodulator) folgende Signale zu messen:

40 m, 3.xx MHz; Pegel *300 mVss oder 80 mV DC*, Toleranz $\pm 20\%$ **[11]**

20 m, 10.xx MHz; Pegel *300 mVss oder 80 mV DC*, Toleranz $\pm 20\%$ **[12]**

10 m, 24.xx MHz. Pegel *150 mVss oder 50 mV DC* Toleranz $\pm 20\%$ **[13]**

Auf 40 m muß kein Abgleich durchgeführt werden. Ist der Pegel auf 20 m (10 MHz) zu hoch, kann R25 zur Anpassung bis auf 120 Ohm erhöht werden. Das gleiche gilt für 40m und R24.

Wird nun der Demodulator parallel zum 56-Ohm-Widerstand auf der Meß-Buchsenleiste auf St602 (siehe **Skizze 8**) angeschlossen, läßt sich der **RX-LO-Pegel** bestimmen. Er sollte zwischen *1 Vss und 2 Vss bzw. 0,4 V bis 0,8 V DC* betragen. Protokoll: 40 m **[14]**, 20 m **[15]**, 10 m **[16]**.

12 Volt ausschalten (wird ab jetzt nicht mehr erwähnt!). FAB und VFO entfernen.

4.2.6 BFO

Den BFO auf die Verbindungsplatte aufstecken (zweiter Platz von links). Durch eine entsprechende Isolierung sicherstellen, daß der BFO keinen Kurzschluß auf der E-Bug-Platine verursacht. Stromaufnahme (E-BUG plus BFO) etwa **16 mA [1]**, unabhängig von der Bandschalterstellung.

Sender tasten, jetzt steigt die Stromaufnahme auf ca. **28 mA [2]**. Toleranzen: $\pm 10\%$. In diesem Zustand erfolgt die **DC-Kontrolle**:

Verbindungspunkt D9/R1 = **5,6 V [3]**

Verbindungspunkt R3/R4/R5 = **9,1 V [4]**

Verbindungspunkt R8/R9/R10 = **9,2 V [5]**

Verbindungspunkt D8/R15 = **7,5 V [6]**

Verbindungspunkt R19/R20 und

Verbindungspunkt R23/R24 = **11,6 V [7]**

Diese Spannungen sind **unabhängig vom Bandschalter**. Weicht die Stromaufnahme bandabhängig ab, dann sind die Band-Schalttransistoren und die zugehörigen Schaltdioden zu überprüfen.

Eine Meßbuchse entsprechend **Skizze 9** beschalten und auf Steckerleiste St601 (RX) aufstecken. Den Sender tasten.

An Pin 3 der Meßbuchse (BFO-RX) sind jetzt mit einem Frequenzzähler genau **4,000 MHz ± 100 Hz** zu messen **[8]**. Pegel etwa *1.2 Vss bzw. 400 mV DC [9]*. Sendertastung aufheben. Frequenz mit C2 auf 4,000.8 MHz ± 100 Hz einstellen. Dazu einen kleinen Schraubendreher seitlich in den Trimmerschlitz führen und abgleichen. Hinweis: diese Frequenz, d.h. die Ablage von der Sendefrequenz (Hz über 4.000), sollte der Mittenfrequenz des NF-Filters entsprechen. (Die Mittenfrequenz des Filters wurde bei der Prüfung der STV-Platine durch Abstimmung des Mithörgenerators auf Maximum ermittelt.)

Nicht jeder Quarz kann bei 4 MHz um knapp ein kHz gezogen werden. Dies ist nur mit Quarzen möglich, die eine große Elektrodenkapazität haben. Für den hier benutzten Anwendungsfall setzt man am besten einen Quarz ein, der bei der Selektion des Empfänger-Filtersextetts mit herausgemessen wurde (siehe Hinweise in der Empfängerbeschreibung).

Er sollte bei maximal und minimal zugeschalteter Quarzlast einen möglichst großen Frequenzunterschied zeigen und möglichst hohe Frequenz bei geringer Last. Hier zwei Richtwerte: Kapazitive Last maximal (Serienresonanz) 3,9996 MHz oder höher; kapazitive Last gering (20 pF) 4,0003 MHz oder höher. Es ist besonders darauf zu achten, daß der Quarz im Empfangsfall, also in der höchsten Frequenzlage, einwandfrei anschwingt. Zur Kontrolle die Betriebsspannung auf **9 Volt** verringern und paarmal ein- und ausschalten **[10]**. Danach wieder **12 Volt** einstellen und abschalten.

Jetzt den BFO auf eine Adapterkarte stecken. Zusätzlich VFO und FAB aufstecken. Abschluß auf ST602 wie in Abschnitt FAB bleibt! Meßbuchse nach **Skizze 10** beschalten und auf Steckerleiste St301 (**nicht 302!**) (TX) aufsetzen.

Die **Stromaufnahme** über die Bänder (40-20-10) beträgt: RX: 51 - 69 - 69 mA **[11]** und TX 48 - 65 - 65 mA. $\pm 10\%$ **[12]**.

An Pin 4 (BFO-TX) sind die aus BFO- und FAB-Signalen gemischten Sende-Steuersignale mit endgültiger Frequenz zu messen:

Zuerst wird das Ausgangssignal sorgfältig auf Maximum getrimmt:

40 m (7,05 MHz) mit L7/L8 (unten)

20 m (14,05 MHz) mit L9/L10 (mitte)

10 m (28,05 MHz) mit L11/L12 (oben)

Maximumabgleich erfolgreich: **[13]**

Zur anschließenden **genauen** Pegelmessung mit Hilfe des Demodulators: An der Stiftleiste St301/Pin 4 den Adapter entfernen und den BFO direkt stecken:

40 m 150 mVss bzw. **33 mV** DC $\pm 25\%$ **[14]**

20 m 150 mVss bzw. **33 mV** DC $\pm 25\%$ **[15]**

10 m 100 mVss bzw. **20 mV** DC $\pm 25\%$ **[16]**

4.2.7 Sender

Die Baugruppe TX auf die Verbindungsplatte aufstecken. Dazu sind anzuschließen: E-BUG, VFO, FAB (mit Abschluß auf St602), BFO.

Strombegrenzung am Netzgerät auf etwa 1 A einstellen. An ST401 entsprechend **Skizze 11** einen Endleistungsmesser oder Durchgangsleistungsmesser mit **50-Ohm-Dummyload (10 W!)** anschließen. Messbereich 10 W.

Schalter »1 W - QRO« auf der Schalterplatte auf 1 W stellen. **R9** (Sender) für geringere Leistung auf **Mitte** drehen, Bandschalter: **40 m**. Danach den Sender tasten.

DC-Prüfung:

Verbindungspunkt T1, Emitter/R4/C3 = **180 mV** $\pm 15\%$ **[1]**

Verbindungspunkt T2, Emitter/R8/C6 = **360 mV** $\pm 15\%$ **[2]**

Verbindungspunkt R13/R14/C8 = **240 mV** $\pm 15\%$ **[3]**

Die angegebenen Werte ändern sich etwas mit der Temperatur und dem Ansteuerpegel je Band. Nur kurzzeitig messen!

Der Sender ist **breitbandig** und muß nicht abgeglichen werden. Es sind lediglich die Ausgangsleistung zu prüfen und der 1-Watt-Punkt einzustellen. Zur Messung der vollen Leistung sind die Tastzeiten kurz zu halten, um Überhitzung zu vermeiden.

Auf **QRO** schalten. Es sind bandabhängig folgende **Leistungen** zu erreichen:

40 m = 4 W bis 7 W **[4]**

20 m = 3 W bis 6 W **[5]**

10 m = 2 W bis 3,5 W **[6]**

Diese Leistungswerte fallen - vor allem auf 40 m und 20 m - deutlich höher aus als die endgültige Ausgangsleistung. Der Grund liegt einerseits in der Dämpfung des Oberwellenfilters und Richtkopplers, der dem Sender nachgeschaltet wird und andererseits in der

Tatsache, daß sämtliche Oberwellen bei dieser Messung mitgemessen werden. Die Oberwellenleistungen sind bei einer Eintaktendstufe teilweise erheblich!

Im 10-m-Band wird exemplarabhängig manchmal eine vergleichsweise geringe Leistung angezeigt. Dies ist auf die fehlende Impedanztransformation und Anpassung des ersten Pi-Halbgliebes des Tiefpasses zurückzuführen. Mit dem Tiefpaß stimmt die Leistung wieder!

4.2.8 Tiefpaß

Der Tiefpaß besitzt keine Abgleichelemente. Es ist lediglich die Schaltfunktion der HF-Relais und die Sperrung des RX-Pfads zu kontrollieren. Die **Funktion der Relais** läßt sich leicht durch Anlegen von 12 V an Pin 1/Bu402 (Masse) und Pin 2/Bu401, Pin 5/Bu402, Pin 2/Bu 402 akustisch (!) vorprüfen. [1]

Stromaufnahme dabei etwa **15 mA ... 20 mA**. [2] Anschließend kann der TP zu den anderen, bereits geprüften Platinen auf die Verbindungsplatte aufgesteckt werden. Jetzt wird, wie vorher beim Sender, jedoch an der HF-Buchse ANT die Sendeleistung gemessen (50 Ohm dummyload!). Diese sollte etwa **4,5 W [3] / 3,5 W [4] / 2,5 W [5]** auf 40 m/20 m/10 m betragen. Sollte auf einem Band die Sendeleistung fehlen, sind die entsprechenden Relais/Tiefpässe nochmals optisch/elektrisch durchzuprüfen (ohne Sender). Die bei diesem Test im Fehlerfall auftretende Totalfehlanspassung des Senders wird von der Endstufe verkraftet, solange der Tester nicht auf die Idee kommt, diese Betriebsweise zum Dauertest zu machen!

Ist die **Sendeleistung** deutlich **zu gering**, die Arbeitspunkte der Treiberstufen jedoch in Ordnung, kann man versuchen, durch vorsichtiges Zusammendrücken oder Spreizen der Windungen auf den Kernen der Spulen des ersten PI-Glieds (Tiefpaß: L20/40 m, L17/20 m, L14/10 m) eine Verbesserung zu erzielen.

Sind die angegebenen Leistungen je Band erzielt, muß noch der **1-W-Punkt** eingestellt werden. Dazu wird der 1-W-QRO-Schalter auf 1 W gestellt und der Sender getastet. Wichtig: Nie beim Senden mit Leistung den Bandschalter betätigen, die Relais könnten Schaden nehmen. **R9** ist nun so weit nach rechts zu drehen, bis am Leistungsmesser 1 W angezeigt wird. Unterschiede der Bänder: < 0,15 W (ca. 0,5 dB). [6] Ggf. ausmitteln.

Jetzt ist noch das **SWR-Pot** auf der Frontplatte auf diesen 1-Watt-Wert einzustellen. Dazu die Frontplatte auflegen und den SWR-Drehknopf mit Zeiger so montieren, daß er nach beiden Seiten gleich weit gedreht werden kann. Knopf auf den 1-Watt-Strich der Frontplattenskala stellen und mit R16 auf der E-Bug-Platine das Instrument auf den SET-Strich justieren. (SWR-Schalter natürlich auf »Vor«, Sender getastet.) [7]

Die Prüfung der **Rx-Sperrung** beschränkt sich auf die Kontrolle der Spannung am Verbindungspunkt R8/R9/R10/R11. Sie beträgt im Empfangsfall = **1.6 V [8]** und bei getastetem Sender <-30 V. *Die Messung der negativen Sperrspannung ist kritisch, da nicht alle DC-Meßinstrumente HF-fest sind und bei dieser Messung ja der Sender aktiv ist. Wer also unbedingt (!) messen will, kann bei schwankender, handempfindlicher Anzeige ein kurzes Koaxkabel als Verbindung zum Instrument verwenden, das zusätzlich am Instrumenteneingang mit 10 nF für HF kurzgeschlossen ist.*

4.2.9 RX

Der Empfänger ist breitbandig und besitzt keine Abgleichelemente. Er wird nur auf Einhaltung der DC-Pegel hin geprüft. Stromaufnahme mit E-BUG: **38 mA**. [1]

DC-Kontrolle:

Verbindungspunkt T1, Source/R1 = **2,6 V, ±10 % [2]**

Verbindungspunkt T2, Source/L3/C2 = **2,6 V, ±10 % [3]**

Verbindungspunkt T3, Source/C27/C28/R19 = **0,5 V, ±10 % [4]**

Die Gesamtfunktion des Empfängers ist nur zusammen mit der STV-Platine und der Eingangsselektion prüfbar. Nur mit der operativen ZF-Regelung, dem angeschlossenen S-Meter und den Bandpässen läßt sich dies sinnvoll und ohne großen zusätzlichen Meßaufwand durchführen.

4.2.10 Bandpaß (und Empfänger-Endkontrolle)

Bandpaß-Karte auf den Adapter stecken.

DC-Kontrolle:

Am Verbindungspunkt R4/D4/D5/D6 sind auf jedem Band etwa **9,3 V [1]** zu messen. Stromaufnahme mit E-BUG und RX ca. **47 mA [2]**.

Alle Karten außer Sender auf die Verbindungsplatte stecken. Instrument aufstecken. Über eine 5polige Verbindungsleitung die bereits geprüfte AZ/STV-Baugruppe anstecken.

Strombegrenzung auf etwa 250 mA, 12 V an die Kathode der D1 (STV) anlegen (oder bereits den geladenen internen Akku verwenden, der allerdings keine direkte Strombegrenzung hat). Gerät einschalten.

Das **S-Meter** muß zuallererst mit **R49 (AZ) auf Null** justiert werden. **[3]** Sollte das nicht möglich sein, kann versucht werden, durch Ändern von R50 (AZ) Abhilfe zu schaffen: R49 am Rechtsanschlag: R50 (4,7k) auf 10k vergrößern. R49 am Linksanschlag: R49 auf 2,7k verkleinern. Bringen diese Maßnahmen kein Erfolg: T8 gegen einen anderen BF245A austauschen (möglichst Markenfabrikat).

Prüfsignal auf Bandmitte mit etwa **50 µV** an die Antennenbuchse anlegen. Es sollte im Idealfall aus einem guten Meßsender stammen, kann aber für den Filterabgleich auch das Signal aus einem warmgelaufenen und einigermaßen driftfreien Griddipper oder Antennentester (z.B. MFJ) sein. Auch bei stark verstimmtten HF-Bandpässen muß dieses Signal hörbar sein bzw. einen S-Meter-Ausschlag hervorrufen. Jetzt sukzessive alle Bandpässe in Bandmitte auf maximale S-Meter-Anzeige trimmen. **[4]** Bei Signalstärken >S9 ist der HF-Pegel etwas zu reduzieren.

Nun ein 50-µV-Prüfsignal (-73 dBm) auf 20 m, Bandmitte, anlegen und mit **R15**, E-BUG-Platine, den **S9-Punkt** einstellen. **[5]**

Die Überprüfung des S9-Punktes auf den anderen Bändern sollte höchstens eine halbe S-Stufe Abweichung ergeben. **[6]**

Wenn ein Meßsender zur Verfügung steht, und der ist für die vorstehende S9-Eichung Voraussetzung, kann leicht der **S4-Punkt** kontrolliert werden: S9-Pegel um 30 dB (= 5 S-Stufen) verringern (-103 dBm). Der Zeiger sollte jetzt ziemlich genau auf S4 stehen. **[7]** Falls sich hier zu große Abweichungen ergeben: mit Verändern des Wertes von R11 auf der E-Bug-Platine genau einstellen. (R11 größer = Zeiger nach unten.) Ggf. zwischen den Bändern ausmitteln.

Mit dem 20-dB-Schalter auf der SP kann der **S6-Wert** grob kontrolliert werden. S9 einstellen, dann die 20 dB einschalten. Der Zeiger muß jetzt zwischen den Skalenwerten S5,5 bis S6 stehen (20 dB = gut 3 S-Stufen). **[8]**

Korrektur der BFO-Frequenz in Relation zur Quarzfilter-Mittenfrequenz. Das Quarzfilter hat unter Umständen eine geringe Ablage (bis zu 200 Hz). Diese Ablage bewirkt, daß der Punkt des besten Empfangs nicht genau mit der angezeigten Frequenz übereinstimmt, Selbst wenn die beiden XO genau stimmen. Diese Ablage bewirkt außerdem, daß S-Meter-Maximum und NF-Maximum nicht übereinstimmen.

Die beiden Maxima können folgendermaßen in Übereinstimmung gebracht werden:

1. Ein Signal (so um S4) empfangen und auf S-Meter Maximum stellen.
2. Den BFO-Trimmer auf NF-Maximum verdrehen.

Jetzt stimmen zwar die Maxima überein, aber der Empfänger empfängt nicht genau auf der angezeigten Frequenz. Da der Sender nach wie vor auf der angezeigten Frequenz sendet, liegen Sende- und Empfangsfrequenz leicht auseinander.

Solange dieser Unterschied unter 100 Hz liegt, entspricht er der Anzeige(un)genauigkeit und kann vernachlässigt werden.

Der Betrag der Ablage kann gemessen werden:

1. NF am Lautsprecher-Kondensator abgreifen und parallel auf ein Oszilloskop und einen Zähler geben.
2. NF-Filter auf »schmal« schalten. Sender tasten (Sendemodul ist nicht gesteckt!).
3. Den Mithörton mit R20 auf der STV auf genau Maximum NF-Pegel stellen. Die Frequenz messen [9] Sie sollte, je nach Toleranz der Filterkomponenten, im Bereich von 700 Hz ... 900 Hz liegen. (Ggf. Korrektur mit R38 auf der STV). Sendertastung aufheben.
4. Ein beliebiges Signal mit etwa S4 empfangen und auf max. S-Meter-Ausschlag abstimmen. Sorgfältig abstimmen - u.U. ist das Maximum wegen der Filterwelligkeit nicht ganz eindeutig.
5. Jetzt mit dem Trimmkondensator auf der BFO den hörbaren Ton auf max. NF einstellen. Die gemessene NF-Frequenz muß wieder der NF-Filter-Mittenfrequenz von Protokollpunkt 9 entsprechen.
6. Das RX-Modul herausziehen und auf ST601 eine Meßbuchse nach Skizze 9 stecken.
7. Den Zähler an den 1-k-Widerstand der Meßbuchse, anschließen. Sender nicht tasten.
8. Die Abweichung der gemessenen Frequenz von genau 4 MHz protokollieren. [10]
9. Sender tasten und die Frequenz gleichfalls protokollieren. [11] (Sie muß mit Protokollwert 4.2.6 [8] identisch sein.)
10. Das Quarzfilter liegt um einen Betrag zu niedrig (oder zu hoch), der der Differenz von [10] zu [9] entspricht. [12] Beispiel am Gerät von DJ6TE: [9] = 700 Hz, [10] = +660 Hz (gemessener Wert: 4.000.660). Ablage Quarzfilter-Mitte: [10] (660) minus [9] (700) = -40

4.2.11 Zählereichung

Systembedingt zeigt der Empfänger des QRP14 auf 14.000 MHz eine Pfeifstelle. Diese kann außer zur schnellen RX-Funktionskontrolle als »Eichmarke« für den internen Frequenzzähler benutzt werden. Also: Empfänger so einstellen, daß 14,0 MHz genau auf Schwebungsnull zu hören ist. Trimmer C11 auf der Oberseite (Lötseite) der STV-Platine auf Anzeige 14,000.0 MHz einstellen.

Aber: Dieser Abgleich bezieht die Toleranz von BFO- und 7-MHz-Quarzoszillator mit ein, kann also eine nennenswerte Ablage besitzen. Deshalb ist es am besten, den Zähler getrennt zu eichen.

Am genauesten erfolgt die Zählereichung am Eingang des kurzen, noch nicht eingelöteten, Zählerverbindungskabels. Mit einem (natürlich frequenzgenauen) HF-Generator wird hier ein Signal von 3,000.00 MHz und etwa 300 mV ... 500 mV Pegel eingespeist. Den Zähler daraufhin mit C11 auf übereinstimmende Anzeige trimmen. [1]

Endabgleich von L4. Die oben erwähnte Pfeifstelle wird durch Direkteinstrahlung eines 4-MHz-Mischproduktes im 20-m-Band (7 MHz XO minus 3 MHz VFO) in den ZF-Verstärker verursacht. Dieser Wert kann mit der voreingestellten L4 auf der FAB (oben, links) ggf. noch weiter verringert werden. Dazu auf »Maximum Pfeifen« einstellen und mit L4 den S-Wert auf Minimum abgleichen. Soll: kleiner S7. [2]

Damit ist sind Prüfung und Abgleich der HF-Baugruppen abgeschlossen und das Gerät ist nach der weiter unten beschriebenen Endmontage einsatzbereit.

4.3 Endmontage

Ziel:

Die elektrisch geprüften Leiterplatten bzw. Baugruppen sollen in das vorbereitete Gehäuse eingebaut werden. Nach der Endmontage ist das Gerät uneingeschränkt verwendungsfähig.

Probleme:

Die geringen Abmessungen aller Baugruppen und der dadurch bedingte, kompakte Aufbau bereiten unter Umständen bei der Endmontage einige (lösbare) Probleme. So mußten alle Toleranzen besonders eng gehalten werden, weil beispielsweise die Frontplatte ein verkleinertes Abbild eines »echten« Heim-Transceivers darstellt. Dort, wo bei einem großen Gerät ohne weiteres 0,5 mm Toleranzen zugelassen sind (und auch nicht un schön wirken), müssen wir beim QRP14 mit 0,1 mm auskommen.

Grundsätzlich sollten nicht unüberlegt Langlöcher gefeilt oder Bohrungen erweitert werden. Zwar sind die Seitenwinkel nicht so paßgenau, wie sich das ein Konstrukteur wünschen würde, aber durch günstige Kombination der Winkel müßten alle Paßprobleme lösbar sein. Die beiden großen Leiterplatten lassen sich nicht nur in den Schlitten der seitlichen Winkel vor und rück bewegen, sie können auch durch Ausnutzung der Toleranzen in geringem Maß seitlich verschoben werden.

Treten Höhenunterschiede auf, sehr schön an der unteren Schalterreihe zu kontrollieren. dann muß durch zusätzlich Unterlagscheiben ein Ausgleich geschaffen werden.

Bezugspunkt sind beim Anpassen der Frontplatte die beiden Achsen der binären Schalter. Die Bohrungen hierfür wurden aus diesem Grund bewußt knapp gehalten!

Zu lange Achsen sind nach eigenem Ermessen zu kürzen.

Die im Gehäusebausatz enthaltenen Originalschrauben sind nicht brauchbar. Sie waren für eine Gehäusevariante gedacht, bei der die Halbschalen Sicken statt einfacher Bohrungen enthielten. Ein solches Gehäuse liegt vor und wurde leider als Basis für die gesamte mechanische Konstruktion verwendet. Die Frontplatte (gilt auch für hinten) darf keinesfalls mit den Originalschrauben befestigt werden. Hier sind, wie auch für die Gehäusehalbschalen, M3er Kreuzschlitz-Senkopf-Schrauben mit etwa 5 mm Gesamtlänge zu verwenden. Die Originalschrauben würden (mit dem wulstförmigen Rand) die Aluklebefolie verschieben und so Falten entstehen lassen.

Voraussetzungen für die Endmontage:

1. Die HF-Baugruppen wurden entsprechend dem vorstehenden Abschnitt geprüft.
2. Die Gehäusehalbschalen sind bereits mit der schwarzen Pappe beklebt.
3. Die Gummifüße sind in die untere Halbschale eingesetzt und gekürzt.
3. Front- und Rückplatte sind entsprechend der Arbeitsanleitung fertiggestellt, d.h. mit der Alufolie beklebt und ggf. lackiert. Das rote Plexiglasfenster ist eingeklebt.
4. Vorsichtshalber (um undefinierte Masseverhältnisse zu vermeiden) sollten alle Steckmodule an ihre Unterkante leicht angefasst werden. Einfach die Kante mit einem Messer oder einer kleinen Feile leicht abschrägen, so daß die Masse des Moduls nicht mit der Massefläche der VP in Kontakt kommt. (Ähnlich wie bei der Plusleitung der SP)

Endmontage

1. Das Zählerkabel (Länge etwa 15 cm, nach Möglichkeit abgeschirmt) an die entsprechende Stelle in die Verbindungsplatte einlöten.
2. Die VP an die (bereits rechtwinklig gebogenen) seitlichen Winkel anschrauben. Dieser Vorgang wurde bereits an anderer Stelle beschrieben.
3. Die Gehäuseunterschale (Kühlschlitze vorne) an die Winkel anschrauben.

4. Die fertige Frontplatte auflegen. Der »WpM-Schalter« muß genau durch die Bohrung passen. Die untere Schalterreihe sollte nicht schräg laufen, sondern nach Möglichkeit mittig in den Aussparungen sitzen. Notfalls mit Hinzufügen/Entfernen von Unterscheiben Korrekturen vornehmen. Das ist recht zeitraubend, da jedesmal wieder die Unterschale abgeschraubt werden muß. Probeweise können auch die Winkel ausgetauscht und/oder gedreht werden.

5. Die oberen Befestigungsbolzen schon jetzt vormontieren (nur ganz locker), da später an diesen Stellen bereits E-Bug und VFO sitzen.

6. Die E-Bug Platine einpassen. Sollte die vordere Buchse überhaupt nicht in der Höhe passen: abreißen und neu auf die Platine kleben. Jedoch: Die Höhe der Aussparung läßt eine Toleranz von 0,5 mm zu - das darf ruhig ausgenutzt werden. Die E-Bug Platine muß auch nicht unbedingt auf der VP aufliegen, bis zu 0,5 mm Spalt sind noch vertretbar.

7. Die VFO-Platine einpassen. Die vier Löcher in der Frontplatte, durch die später die Leuchtdioden ragen, können von hinten gut angesenkt werden. Das erleichtert das Einfädeln. Der RIT-LED-Schalter darf nicht mit der Frontplatte in Kontakt kommen! Sollte die VFO-RIT-Baugruppe nicht richtig passen, dann sind entsprechende Korrekturen vorzunehmen. Im Prinzip muß alles passen, ohne Leuchtdioden zu verbiegen und ohne irgendwo feilen zu müssen. Notfalls das RIT-Pot neu einlöten oder die Verbindung RIT-Platine zum VFO überarbeiten.

8. Die SWR-Platine anpassen. Die Achse des SWR-Pots muß rechtwinklig zur Frontplatte stehen. Alles ok? - Platine wieder entfernen.

9. Jetzt wird die Anzeigeplatine AZ probemontiert. VFO und E-Bug bleiben gesteckt. Wichtig: Die Zellen sind inzwischen »scharf«, d.h. geladen und voll eingelötet. Möglichst Kurzschlüsse vermeiden. Außerdem: Das Berühren der AZ im Bereich des Analogschalters führt zum Einschalten. Macht nichts, aber man bekommt einen Schreck.

Die 4 Bolzen sollten noch nicht ganz fest gezogen werden, da die AZ zur Ausrichtung nach vorne oder hinten verschoben werden muß.

Zum Ausrichten: Rechts der Schalter liegt direkt am Winkel an. Links sollte der Lautstärkeschalter gut an der Frontplatte anliegen. Neben dem Lautstärkeschalter wird es etwas knapp. Sollten die Bauteile hier zu hoch eingelötet sein: tiefer setzen. Es darf kein Bauteil Berührung zum Winkel haben, außerdem die Schraube berücksichtigen.

Die Achse des Lautstärkeschalters muß mittig durch die Bohrung ragen, ansonsten mit Unterscheiben korrigieren.

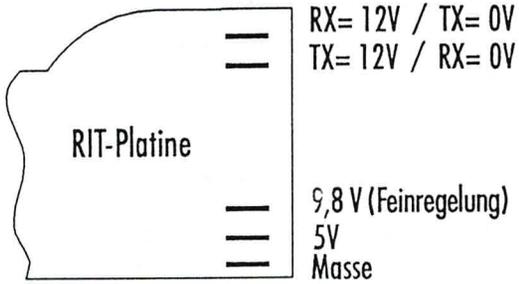
10. Wenn alles paßt, dann sollte die STV-Platine mitsamt der SWR-Platine montiert werden. Das ist ´ne Fummelei, da beide Platinen zur gleichen Zeit gesteckt werden müssen.

11. Die Rückseite ist nicht ganz so kritisch. Hier ist wichtig, daß alle Durchbrüche einigermäßen zentrisch verlaufen. Die beiden Buchsen (sind sich auch wirklich isoliert?) sind Positionierungs-Maßstab. Kommen die Achsen der 3 Pots schräg durch die (knapp bemessenen) Löcher, dann kann mit Hilfe des LötKolbens (Lage der Pots verändern) leicht nachgebessert werden.

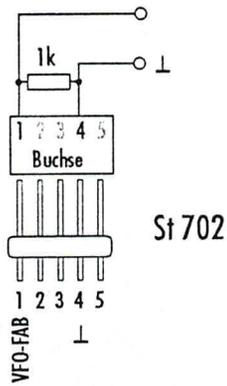
Das Loch für den Antennenstecker ist gleichfalls knapp gehalten. Grund: Wird der Adapter wie in Bild 52/1 gezeigt mit Schrumpfschlauch isoliert, dann paßt er ganz stramm in die Bohrung und gibt so dem Tiefpaß-Modul zusätzlichen Halt. Also das Loch bitte nicht zusätzlich aufweiten, auch wenn die Antennenbuchse scheinbar total schief liegt. Es muß alles passen!

12. Wenn die Rückseite angepaßt ist, dann kann das Gerät endgültig zusammengesteckt und geschraubt werden. Vorher überprüfen: VFO-Kabel angelötet? Alle Federstecker angelötet? Die Wärmebrücke des Kühlbleches zur Rückwand gesteckt? Die Schalter schwarz angemalt? Die richtigen Senkkopfschrauben bereit? Nirgendwo Kurzschlußgefahr (oben, unten, RIT)? Ein Moosgummistreifen quer über die Zellen geklebt? Isolierungen zwischen den Modulen?

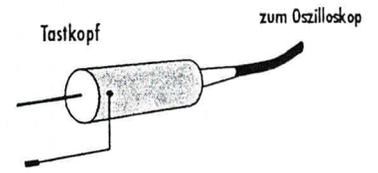
13. Nach der endgültigen Montage ist ein umfangreiches Projekt erfolgreich zum Abschluß gebracht. Viel Spaß beim Funken und awdh.



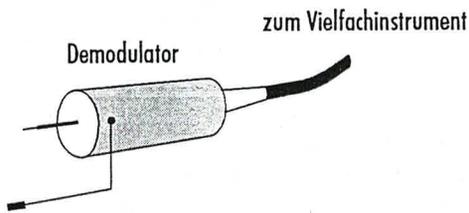
Skizze 1



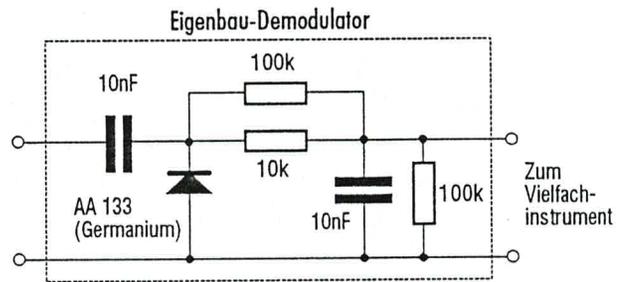
Skizze 2



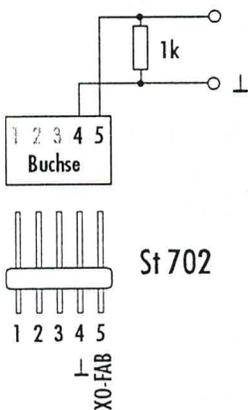
Skizze 3



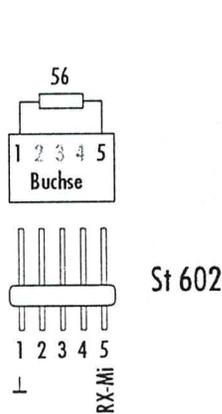
Skizze 4a



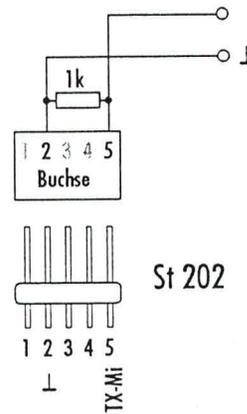
Skizze 4b



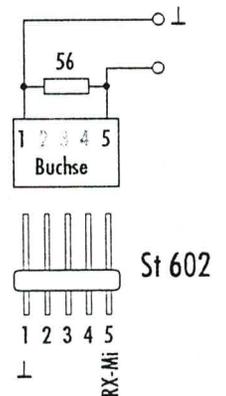
Skizze 5



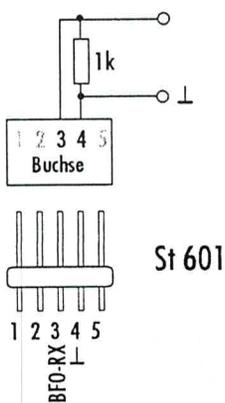
Skizze 6



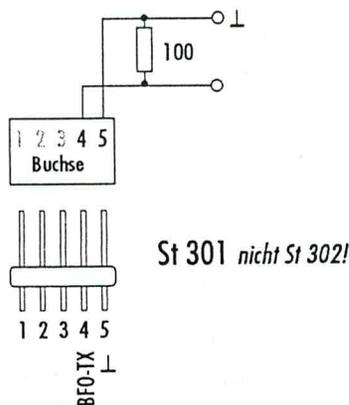
Skizze 7



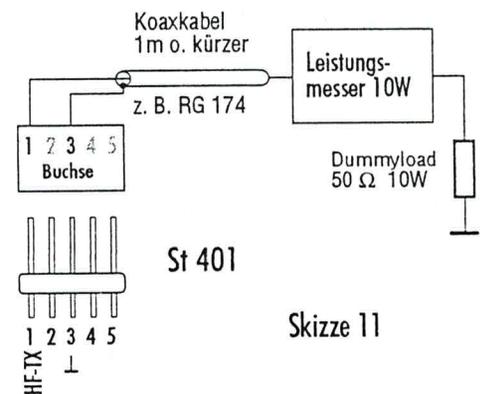
Skizze 8



Skizze 9



Skizze 10



Skizze 11

QRP14

4.5 Prüfprotokoll

Prüfpunkt	Sollwert	Istwert	Prüfpunkt	Sollwert	Istwert
4.2.3	1 9 mA		4.2.6	8 4,000.000 MHz	
	2 10 V			9 400 mV	
	3 ok			10 ok	
	4 ok			11 ok	
4.2.4	1 17 mA		12 ok		
	2 ok		13 ok		
	3 0,44 V		14 33 mV ✓		
	4 5,6 V		15 33 mV ✓		
	5 5,6 V		16 20 mV ✓		
	6 720 mV		4.2.7	1 180 mV	
	7 3,103 MHz			2 360 mV	
	8 2,997 MHz			3 240 mV	
	9 ok			4 4 ... 11 W	
	10 ok			5 3 ... 6 W	
	11 21 mA			6 2 ... 2,5 W	
	12 100 mV		4.2.8	1 ok	
	13 ok			2 15 ... 20 mA	
	14 ok			3 > 4,5 W	
	15 ok			4 > 3,5 W	
4.2.5	1 40 mA			5 > 2,5 W	
	2 52 mA			6 ok	
	3 52 mA			7 ok	
	4 ok			8 1,6 V	
	5 1,8 V		4.2.9	1 38 mA	
	6 1,2 V			2 2,6 V	
	7 7,5 V			3 2,6 V	
	8 4,1 V			4 0,5 V	
	9 2,5 V		4.2.10	1 9,3 V	
	10 3,2 V			2 47 mA	
	11 80 mV			3 ok	
	12 80 mV			4 ok	
	13 50 mV			5 ok	
	14 0,4 ... 0,8 V			6 ok	
	15 0,4 ... 0,8 V			7 S4	
	16 0,4 ... 0,8 V			8 ok	
4.2.6	1 16 mA		9 700 ... 900 Hz		
	2 28 mA		10 Δ zu 4 MHz		
	3 5,6 V		11 Δ zu 4 MHz		
	4 9,1 V		12 Δ 10 zu 9		
	5 9,2 V		4.2.11	1 ok	
	6 7,5 V			2 < S7	
	7 11,6 V				