

23-cm-Transverterbausatz MKU 13G2B / MKU 13G2B-28 von DB6NT

Teil III, Hinweise zur Abstimmung und Inbetriebnahme
von Wolfgang Hoeth, OE3WOG

microwave@oevsv.at

Diese Abgleichanleitung ist der 3. und damit letzte Teil der 23-cm-Transverterbausatz-Aufbauanleitung. Die vorliegende Abgleichanleitung ist so angelegt, dass man ohne Einsatz von speziellen HF Messgeräten zum Ziel kommt. Natürlich ist es von Vorteil, kalibrierte Messgeräte (Leistungsmesser, Mess-Sender, Frequenzzähler mit genauer Zeitbasis, Spektrumanalyser, Rauschmessplatz, etc.) zur Verfügung zu haben, es geht aber auch ohne.

Vor Erst-Inbetriebsetzung des Transverters unbedingt die Kapitel **Einführung**, **Schaltungsbeschreibung** und **Abgleich** der Baubeschreibung lesen. Die dort beschriebene Abgleichanleitung führt ebenfalls zum Ziel. Die hier vorgestellte Beschreibung liefert noch zusätzliche Tipps und einen abweichenden Abstimmvorschlag. Dazu werden folgende Einrichtungen und Messmittel benötigt:

- 1) Eine 12-VDC-Stromquelle nur für den Betrieb des Transverters. Am besten geeignet ist ein Netzgerät mit einstellbarer Ausgangsspannung und einstellbarer Strombegrenzung. Ideal, wenn das Netzgerät auch Strom und Spannungsanzeigen besitzt. Die Ausgangsspannung auf 13 V und die Strombegrenzung auf 1 Ampere einstellen.
- 2) Einen 2m- bzw. einen 10m-Nachsetzer, der für die Betriebsarten CW und SSB (evtl. FM) ausgelegt ist. Im Regelfall verwendet man gleich das Gerät, mit dem auch später der Betrieb auf dem 23-cm-Band durchgeführt wird. Der 23-cm-Transverter ist für einen max. HF Ansteuerungspegel von 3 Watt ausgelegt, Geräte wie IC202, FT290 bzw. mit Einschränkung FT817 sind daher primär als Nachsetzer geeignet.

Der Verfasser verwendet dazu ein YAESU FT290RII, ein 2m portabel Gerät, das für Batteriebetrieb und 12V extern geeignet ist. Dieses Gerät kann in Stellung "Low" die Sendeausgangsleistung um ca. 10 dB reduzieren, was sich im portabel Betrieb auch günstig im Stromverbrauch niederschlägt. Die in Stellung „Low“ erzielte HF Ausgangsleistung reicht aus, um den Transverter sicher anzusteuern. Der Nachsetzer sollte in Stellung TX eine positive Gleichspannung an der Koax-Antennenbuchse bereitstellen. (+12V TX über 4,7 k Ohm direkt auf den Innenleiter der Koaxbuchse legen, siehe auch Seite 14 der Baubeschreibung betreffend einer evtl. Nachrüstung) Der Transverter ist für diese TX Tastung über das Koax-Verbindungskabel ausgelegt. Wird ein ortsfestes Gerät mit höherer HF Ausgangsleistung (50 bis 100 Watt) als Nachsetzer verwendet (z.B. ein KW Gerät bei 28 MHz ZF), so müssen Vorkehrungen zur Verminderung der HF-Ausgangsleistung zur pegelgerechten Ansteuerung des Transverters getroffen werden.

Achtung: Funkgeräte mit HF Ausgangsleistung um die 100 Watt haben an der Frontplatte meistens einen Regler zum Einstellen der HF Leistung. Damit kann die HF Ausgangsleistung variabel auf einen geringeren Wert herunter geregelt werden, es ist aber sicherzustellen, dass beim Auftasten des Senders kein HF-Spike (im msec-Bereich) mit der maximalen Ausgangsleistung entsteht. Dies ist oft ein Zeitproblem der Leistungsregelung, bei nachgeschalteten Röhren-Endstufen möglicherweise weniger gefährlich, bei Transverterbetrieb jedoch tödlich. In diesem Fall sollte die Leistungsregelung nicht verwendet, sondern ein 20 dB / 100-Watt-Dämpfungsglied vorschaltet werden. Nachteilig dabei ist der Eingriff in den Transceiver (Einschleifen des Dämpfungsglieds in den TX Zweig) bzw. die Verwendung externer Koaxrelais. Die Umsetzung der HF Leistung in Wärme ist zu berücksichtigen.

- 3) Ein analoges Multimeter für Gleich und Wechselspannung, das idealerweise auch mit einer „dB“ Skala ausgestattet sein sollte. (z.B. Wechselspannungsmessbereich in 10 dB Stufen von 30mV/100mV/300mV/1V usw..)

Den auf beiden Seiten offenen Transverter in einen schwenkbaren Schraubstock einspannen, somit sind beide Seiten für Abgleich und Messung zugänglich. Die RX- und TX-SMA-Buchsen am 23-cm-Transverter mit 50-Ohm-Dummyloads abschließen (siehe Bild 1). Als Vorsichtsmaßnahme mit einem Ohmmeter in den 12-V-Anschluss des 23-cm-Transverters (Transverter dabei spannungslos!) hinein messen; damit kann man eventuell einen Kurzschluss bereits im Vorfeld erkennen. Im Gegensatz zur Baubeschreibung von DB6NT wird hier mit der Abstimmung des Sendezweiges begonnen.

Inbetriebsetzung und Abgleich des Sende-und LO-Zweigs:

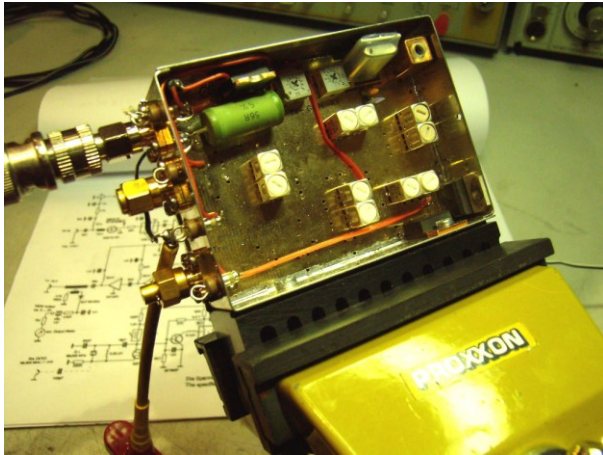


Bild 1: Transverter mit 50 Ohm Loads

Netzgerät einschalten, bzw. 13 VDC an den Transverter anlegen. Die Stromaufnahme (idle-kalt) sollte bei ca. 170 mA liegen, diese verringert sich geringfügig, wenn der Quarzheizer nach einigen Minuten auf Temperatur gekommen ist. Zieht der Transverter im RX Betrieb bereits 1 Ampere bzw. spricht die Strombegrenzung an, dann sofort abschalten und auf Fehlersuche gehen.

Ausgangsspannung am 7808 prüfen, soll min. 7,95V! Die Drainspannung des MGF4918D mit dem auf der Layoutseite liegenden 1K Ohm Potentiometer auf +2,0 V einstellen.

Eine temporäre Masseverbindung zum Durchführungskondensator "PTT man." herstellen. Multimeter in Stellung Gleichspannung, Messbereich

15 V, vom Durchführungskondensator +12 VTX gegen Masse anschließen. Wird der Anschluss "PTT man." auf Masse gelegt, so schaltet der FET 08P08P und es muss eine Spannung von +13 V messbar sein. Ist dies nicht der Fall, so ist die gesamte RX / TX Umschaltmimik zu prüfen. Diesen Test auch mit dem Nachsetzer in Stellung SSB ohne Modulation wiederholen. Der Nachsetzer darf in Stellung TX keinesfalls eine HF Leistung größer 3 Watt an den Transverter abgeben. Messung am Ausgang des 7809-Reglers, im aufgetasteten (TX-) Zustand müssen am Ausgang bzw. am AH102A (PA) +9 V anliegen.

Der Messpunkt M1 ist schwer zu erreichen, vor allem, wenn die Messspitze der Messleitung mit einer dicken Isolierschicht umhüllt ist; Abhilfe: Isolierschicht entfernen und nur einen Schrumpfschlauch aufziehen (Schutz gegen Masseschluss). Um zu prüfen, ob der 96-MHz-Quarzoszillator schwingt, kann man folgende Methode anwenden: Man nehme ein UKW-Taschenradio mit Teleskopantenne, schalte es ein, stelle die Frequenzanzeige auf 96 MHz und bringe die Teleskopantenne in die Nähe des Transverters.

Bei ausgeschaltetem Transverter rauscht das Radio bzw. ist je nach Örtlichkeit evtl. ein UKW-Sender hörbar. Den Transverter einschalten, schwingt der 96-MHz-Oszillator im Transverter, dann geht das Rauschen im UKW Radio schlagartig zurück (Träger). Falls nicht, dann den Ferritkern der NEOSID-Spule 5061 vorsichtig und langsam eindrehen, bis Träger im UKW Radio hörbar / feststellbar wird; eine halbe Umdrehung zugeben. Den Transverter ein und ausschalten, der Quarzoszillator muss ohne Verzögerung anschwingen (Träger ein / aus). Schwingt der Oszillator, so beträgt die Spannung an M1 ca. 5,5 bis 5,8 V (je nach Stellung des Filters F1).

Wichtig: Zum Abstimmen aller Filterkerne nur Abstimmwerkzeug mit Kunststoffklinge verwenden, wobei zu achten ist, dass Breite und Dicke der Klinge möglichst exakt in die Schlitzöffnungen der Filterkerne passen (wenig Spiel). Keinesfalls metallische Klingen verwenden, da diese den Abstimmkern bei Widerstand spalten. Ein weiteres Drehen ist dann nicht möglich, hier hilft nur der Austausch des Filters, außer man kann noch von der Unterseite an den Kern ran.

Transverter abschalten, Masseanschlussfahnen der NEOSID-Spule 5061 einlöten. Transverter einschalten und prüfen, ob der Oszillator sauber anschwingt. Danach wird das UKW Radio nicht mehr benötigt.

Multimeter in Stellung Gleichspannung (10 V) auf Messpunkt M2 anstecken (die Prüfspitze hält bei senkrechter Lage in den Messpunkten, die auch durchkontaktiert sind). Wechselweises Abstimmen des Helixfilters F1 auf minimale Spannung gemessen an M2 (Dip). Dieses Filter wird auf die dreifache Frequenz des 96-MHz-Oszillatorsignals abgestimmt. Transverter abschalten, die Masseanschlussfahnen des Filters F1 einlöten, Transverter einschalten und Filter F1 nochmals optimieren.

Das auf der Bauteilseite befindliche Einstellpotentiometer TX auf Linksanschlag, gegen den Uhrzeigersinn einstellen (max. Gain). Den Nachsetzer auf 144,150 MHz bzw. 28,150 MHz in Stellung FM oder CW bringen. Der Sende-Ansteuerpegel des 144 oder des 28 MHz Nachsetzers darf 3 Watt nicht

23-cm-Transverterbausatz MKU 13G2B / MKU 13G2B-28 von DB6NT,

überschreiten, ideal sind HF Leistungen zwischen 0,5 bis 1 Watt. Das Multimeter an den Durchführungskondensator "MON.out" anschließen, Spannungsbereich 5 V. Nachsetzer auftasten, hier sollte man sich einen arretierbaren PTT-Switch anfertigen, man braucht beide Hände zum Abgleich, die PTT am Hand-Mikrofon ist da weniger gut geeignet.

Das Multimeter sollte nun eine Gleichspannung von ca. 2,5 Volt anzeigen. Bei diesem Wert ist der TX-Zweig des Transverters bereits in der Sättigung bzw. übersteuert. Den Wert der "MON.out"-Spannung mit dem Regler TX Gain auf ca. 1 Volt zurücknehmen, Abgleich der Filter fortsetzen, TX Gain dabei immer wieder auf 1 Volt zurücknehmen. Transverter abschalten und Massefahnen der Filter F1, F3 und F5 einlöten. Transverter wieder einschalten und Filter F1, F3 und F5 optimieren.

TX Gain erhöhen, bis die Gleichspannung am "MON.out" nicht mehr ansteigt; dies sollte bei ca. 2,5 Volt der Fall sein. TX Gain auf 80% dieses Spannungswerts zurücknehmen (z.B. bei max. 2,5 Volt sind das 2 Volt).

Diese Einstellungen bringen auf Anhieb folgende Werte:

- TX Output 0,42 Watt
- LO Absenkung ca. 55 dB
- Spiegelfrequenzunterdrückung ca. 70 dB

Anmerkung: Die oben genannten Werte gelten bei Verwendung einer ZF von 144 MHz. Bei einer ZF von 28 MHz ist mit geringerer LO- und Spiegelfrequenzunterdrückung zu rechnen und es muss im TX Zweig ein externes Bandpassfilter eingesetzt werden (z.B. interdigitales Filter).

Wird die TX Gain auf die max. mögliche "MON.out"-Spannung von >2,5 Volt gestellt, so erreicht man eine Sättigungsleistung von ca. 0,6 Watt. Es sind jedoch schlechtere Werte für Nebenausstrahlungen zu erwarten, da die Sendeausgangsstufe im Transverter in der Sättigung betrieben wird.

Mit diesem Abgleichschritt ist der TX-Pfad und die LO-Kette abgestimmt, es muss nur mehr das RX-Filter F4 abgeglichen werden. Nun sollte man sich überlegen, mit welchem TX-Ansteuerungspegel man ständig arbeiten will. Es empfiehlt sich, einen Wert zu verwenden, der evtl. mit mehreren Geräten reproduziert werden kann (der maximal zulässige Wert von 3 Watt darf nicht überschritten werden).

Abgleich der Empfangsseite:

Den Nachsetzer mit einem Koaxkabel (RG58) mit dem Transverter verbinden. Nachsetzer in Stellung Empfang auf 144,150 MHz, bzw. 28,150 MHz und in Betriebsart USB bringen. Multimeter in Stellung Wechselspannung an den LS-Ausgang des Nachsetzers anschließen, der Lautsprecher sollte dabei nicht abgeschaltet werden, damit man auch eine Mithörkontrolle hat. 50-Ohm-Dummyload an den 23-cm-RX Eingang anschließen.

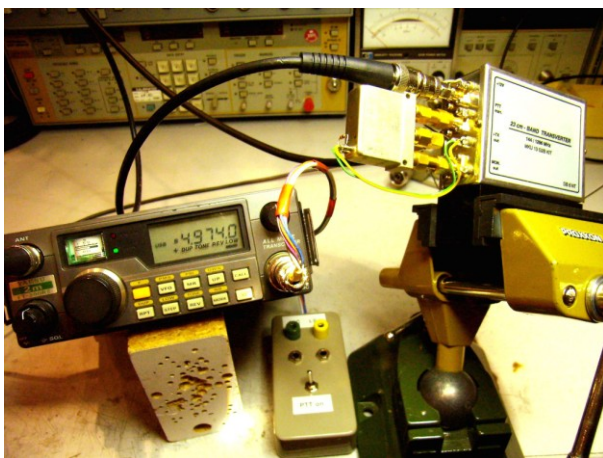


Bild 2: Abgleich der Empfangsseite

Die NF Lautstärke bei abgeschalteten Transverter so einstellen, dass das Grundrauschen (NF) des Nachsetzers bei offener Rauschsperrung und maximaler HF-Gain einen Wechselspannungswert im unteren Bereich der Skala erzeugt, jedoch noch gut ablesbar ist. Transverter einschalten, es sollte ein signifikanter Rauschanstieg hör- und messbar sein. S-Meter am Nachsetzer beobachten, zeigt es einen Wert größer S3 (die AGC des Nachsetzers spricht bereits an), so ist das RX-Potentiometer im Uhrzeigersinn zurückzunehmen, bis sich zwischen aus- und eingeschaltetem Transverter eine Rauschdifferenz von ca. 12 dB (12 dB entsprechen

23-cm-Transverterbausatz MKU 13G2B / MKU 13G2B-28 von DB6NT,

einem vierfachen Spannungsunterschied) einstellt. Dann sollte das S-Meter auch wieder annähernd S0 anzeigen.

Helixfilter F4 auf maximales Rauschen abstimmen, Transverter abschalten, Masseanschlussfahnen von Filter F4 einlöten, Transverter einschalten und Filter optimieren. Die Differenz des Rauschens bei ein- und ausgeschaltetem Transverter wird mit dem auf der Oberseite befindlichen RX Potentiometer auf 12 bis 15 dB eingestellt, das S-Meter des Nachsetzers soll bei eingeschaltetem Transverter nicht abheben.

Bemerkung: Die exakte Einstellung der RX-Verstärkung hängt von den Empfängereigenschaften (Noise Figure) des nachgeschalteten Nachsetzers ab. Je empfindlicher der Nachsetzer, umso geringer kann die die Systemverstärkung des Transverters ausfallen und umgekehrt.

Nach endgültigem Abgleich von F4 und Einstellung des RX Gain für ca. 12 dB Rauschanstieg konnte mit einem nachgeschalteten FT290RII eine Gesamtsystem-Empfängerempfindlichkeit von $-140 \text{ dBm} = 0,022 \mu\text{V}$ für 3 dB S/N in Stellung SSB erreicht werden.

Bemerkung: Bedingt durch die zusätzliche Verstärkung des Transverters im Empfangszweig entspricht die S-Meter-Kalibrierung (sofern überhaupt vorhanden) des Nachsetzers nicht mehr der auf VHF/UHF üblichen Standardeinstellung. ($S_9 = 5 \mu\text{V}$) Es werden nun eher günstigere Werte angezeigt. Man müsste die S-Meter-Einstellung im Nachsetzer neu kalibrieren, das geht jedoch nur mit einem im Pegel geeichten und einstellbaren Messsender. Man kann aber auch die Signalrapporte um 2 S-Stufen reduzieren.

Frequenzkalibrierung:

Um den 96-MHz-Oszillator möglichst genau auf die Frequenz abzustimmen, ist natürlich ein Frequenzzähler von Vorteil, der bei 1.300 MHz eine Auflösung von 1 Hz bei einer Torzeit von 1 Sekunde bietet. Dieser Zähler sollte mit einer sehr guten Zeitbasis ausgerüstet oder an eine GPS- / Rubidiumreferenz angebunden sein; das hat nicht jeder. Im 23-cm-Transverter selbst ist kein geeigneter Messpunkt zum Messen der LO Frequenz vorgesehen, daher ist es am einfachsten, wenn man in Stellung FM-TX die 23-cm-Ausgangsfrequenz des Sendesignals misst. *Achtung: Man misst Transverter + Nachsetzer!*

Der folgende „Workaround“ ist zwar keine hochpräzise Methode, aber man kommt ohne Frequenzzähler aus. Man nehme ein 70-cm- oder ein weiteres 2-m-FM-Funkgerät zur Hilfe, von dem man weiß, dass es einigermaßen genau die Frequenz einhält. Für 70 cm: $432,105 \text{ MHz} \times 3 = 1.296,315 \text{ MHz}$, für 2 Meter: $144,035 \text{ MHz} \times 9$ gibt die gleiche Endfrequenz. Die Oberwellen sind trotz Absenkung noch immer hoch genug, um ein eindeutiges CW-Signal auf 23 cm zu erzeugen.

Dabei ist zu beachten, dass sich ein möglicher Frequenzfehler bei 70 cm verdreifacht, bei 2 m jedoch bereits verneunfacht. Die Signalgeneratoren mit einem Abschluss (Dummyload) betreiben, es reicht eine HF Ausgangsleistung von 1 Watt. Gerät in Stellung FM auftasten, kein Mikrophon verwenden. (ohne Modulation), Nachsetzer in Stellung SSB / USB bringen und Frequenzanzeige auf 1.296,315 MHz +/- stellen. Die Oberwelle ist sehr deutlich (mit S9) im 23-cm-Band zu hören. Mit dem Ferritkern in der NEOSID-Spule 5061 den Quarz ziehen, bis Schwebungsnul eintritt. Abgesehen von der Frequenzgenauigkeit der Oberwellenschleuder ist man auch bei Einstellung auf Schwebungsnul nicht exakt auf der Frequenz, es besteht meistens immer eine Frequenzunsicherheit von ca. 100 bis 200 Hz (abhängig von der Frequenzaufbereitung des Nachsetzers).

Mit dem Einkleben des Moosgummis in den unteren Gehäusedeckel und dem Abringen der Beschriftungsstreifen ist der 23-cm-Transverter endgültig fertig und betriebsfähig. Bild 2 zeigt den Transverter mit einem SMA-Koaxrelais „ready to go“.

Positionen der Abstimmkerne: (Hoch = fluchtend mit Filteroberkante)

	Eingang	Ausgang
F1	hoch	hoch
F2	höher	hoch
F3	hoch	hoch
F4	höher	hoch
F5	hoch	tiefer

23-cm-Transverterbausatz MKU 13G2B / MKU 13G2B-28 von DB6NT,

Der Verfasser konnte folgende Systemparameter ermitteln:

Stromaufnahme RX	160 mA
Stromaufnahme TX	600 mA
TX Ausgangsleistung:	0,4 Watt
Empfindlichkeit SSB 3dB S/N:	-140 dBm / 0,022 μ V
SSB Feldstärke S5:	-125 dBm / 0,12 μ V
SSB Feldstärke S9:	-110 dBm / 0,7 μ V
Empfindlichkeit FM 20 dB S/N:	-127 dBm / 0,1 μ V (bei 3 KHz Hub / 1000 Hz NF)
LO Unterdrückung:	55 dB
Spießfrequenzunterdrückung:	> 65 dB

Bemerkung: Alle Werte inklusive Nachsetzer YAESU FT290RII, Betriebsspannung 13 V.

Zu beachten:

Wechselt man den Nachsetzer, so ist unbedingt der 2-m-Ansteuerpegel zu kontrollieren. Es macht Sinn, den Wert, der bei der Erstinbetriebnahme gewählt und auf den der Systemwert kalibriert wurde, schriftlich festzuhalten. Dies ist ganz besonders dann der Fall, wenn es sich um einen mit einem Regler eingestellten (nicht festen) Wert handelt.

Ein Wechsel des Nachsetzers bewirkt evtl. auch eine Frequenzungenauigkeit / Frequenzänderung auf 23 cm.

Transverter mit 28 MHz ZF erreichen eine geringere LO-und Spießfrequenzunterdrückung, siehe auch Internetseite von DB6NT. Um diese Werte zu verbessern, benötigt man ein zusätzliches Bandpassfilter. Bei Verwendung von PA's sind diese externen Filter vor der PA einzuschleifen. Es eignen sich so genannte Interdigitale Filter, die aus rechteckigem Alurohr mit innen eingebauten Resonatoren bestehen. Siehe Dubus, UKW Berichte, etc. Nebenaussendungen bei Frequenzen > 1.000 MHz müssen min. 50 dB unter der maximalen PEP des Senders liegen.

Die HF-Sende-Ausgangsleistung auf dem 23-cm-Band ist auf 100 Watt beschränkt. Das 23-cm-Band ist den Funkamateuren in OE auf Sekundärer Basis zugeteilt.

Um die Kabelverluste bei 23 cm zu minimieren, bietet es sich an, den Transverter direkt an der Antenne in einem wetterfesten Gehäuse zu betreiben. Dabei entstehen die Koax Kabelverluste auf der ZF Seite, d.h. 144 oder 28 MHz, hier kann man mit einem RG213 durchaus das Auslangen finden. Diese Kabeldämpfung ist bei den RX/TX Pegelinstellungen im Transverter zu berücksichtigen.

Für den ständigen Betrieb im Außenbereich sollte man die Option "Externer OCXO" einsetzen. Die Jahrestemperaturspannen von -25 bis +32 °C führen sonst zu hohen, untolerierbaren Frequenzabweichungen. Ein +60-°C-OCXO ersetzt den internen Oszillator inkl. Quarz. Noch bessere Frequenzstabilität und Frequenzgenauigkeit wird erreicht, wenn der externe OCXO an GPS oder an ein Rubidiumnormal angebunden wird.

Warum die umständliche Methode, die Filter vor abzugleichen, dann erst die Massefahnen der Filter anlöten und dann nochmals nachstimmen/optimieren??

Der Grund ist eine reine Vorsichtsmaßnahme: Bei diesen Abstimmarbeiten kann es vorkommen, dass ein Abstimmkern bricht. Das bedeutet den Austausch des Filters. Sind die Massefahnen noch nicht gelötet, so ist der Ausbau des Helixfilters relativ einfach mit Zuhilfenahme von Entlötlitze zu bewerkstelligen. Nach der Erstabstimmung unbedingt die Massefahnen löten, sonst sind im Betrieb evtl. Schwingneigungen bzw. Unstabilität zu beobachten. Danach braucht man die Filter nur mehr geringfügig optimieren.

Bedingt durch die Betriebs-Bandbreite des Nachsetzers (meistens max. 2 MHz) ist auf dem 23-cm-Band der Funkverkehr über 23-cm-Relais nicht möglich. (Duplexabstände 35 bzw. 28 MHz)

Funkamateure, die Geräte selbst bauen, aber keine professionellen Messgeräte Ihr Eigen nennen, sind herzlichst eingeladen, am Mikrowellstammtisch in Wolfsbach (Preisverleihung der OE-UKW-Meisterschaft) teilzunehmen. Kommerzielle Messgeräte bis 26 GHz werden vor Ort bereitgestellt. Für

23-cm-Transverterbausatz MKU 13G2B / MKU 13G2B-28 von DB6NT,

weitere Fragen und Auskünfte steht der Verfasser gerne zur Verfügung. Email an: Mikrowelle@oevsv.at oder oe3wog@oevsv.at

Empfangsversuche:

Nur mit einer 70 cm „Big Wheel“-Rundstrahlantenne 3 m über Grund und einigen Metern RG213 und RG58 dazwischen, wird die Frequenzbake HG1BUB (1,5 Watt auf 1.296,975 MHz aus JN87FI55nw / 725m ASL) mit ca. 3 dB über Rauschen in JN88EC (Leopoldsdorf) über eine Strecke von 84 km gehört. Die Bake steht nahe der Staatsgrenze nächst zum Geschriebenstein im Burgenland.

Viel Erfolg, 73 as good DX de Wolfgang, OE3WOG