

IC-705 - TEST



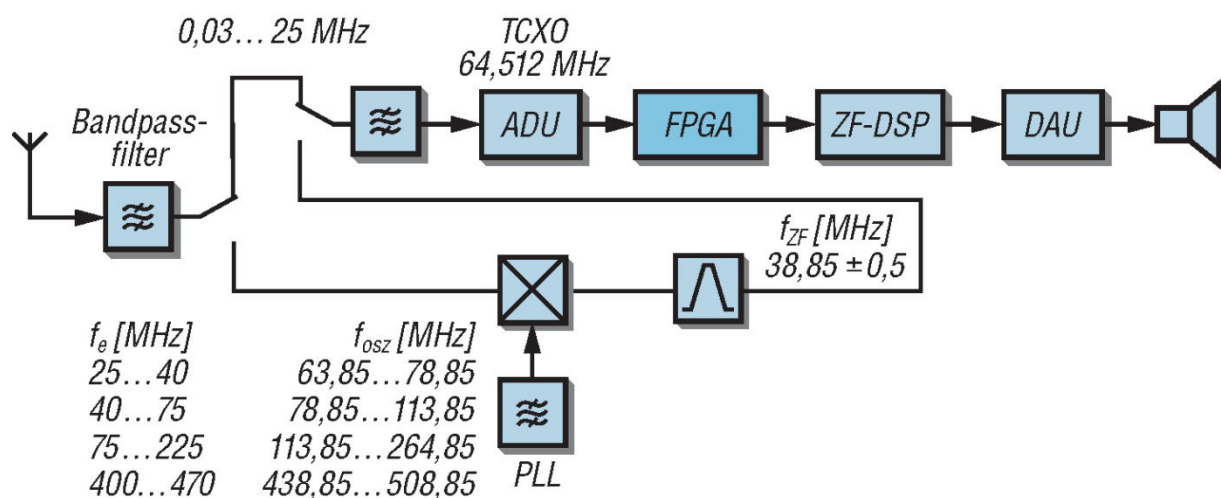
Der QRP-Transceiver IC-705 ist ein kompakter und leichter Transceiver für QRP-Anwendungen und eine Ergänzung der ICOM SDR-Serie IC-7300, IC-7610 und IC 9700.

Die wesentlichen Features des IC-705

- Frequenz 30kHz - 146MHz, 430 - 440MHz
- Direktabtastender SDR von 30kHz bis 25MHz, Superheterodyn-Empfänger von 25MHz bis 440MHz
- Stromversorgung über eingebauten Li-Ionen Akku oder Netzteil
- Leistung 10W mit 13.8V DC Stromversorgung und 5W mit Li-Ionen Akku
- Betriebsarten D-STAR DV, SSB, CW, AM und FM
- 4,3-Zoll Touchscreen Display mit Spektrum- und Wasserfallanzeige
- Bluetooth und WLAN
- Netzwerk-Server integriert, geeignet für ICOM Remote Control RS-BA1
- GPS-Antenne und Logger Funktion
- D-Star Funktionen in vollen Umfang

Die Bedienung des IC-705 wird in den ICOM Handbüchern ausführlich beschrieben und im Internet (Google) findet man schon einige Videos dazu. Eine ausführliche Beschreibung erschien in FA 10-2020. Nachfolgend wird der IC-705 in seinen wichtigsten HF-Eigenschaften getestet und seiner Fernsteuerbarkeit über die Icom Software RS-BA1.

IC-705, vereinfachtes Blockschaubild



Empfindlichkeit (MDS)

Als Maß der Empfindlichkeit ist das Grundrauschen des Empfängers definiert. Legt man ein CW-Signal an den Empfängereingang, dessen Pegel (P_i) das Rauschen des Empfängers am NF-Ausgang um 3dB anhebt, dann entspricht die Leistung des Signals nach $(S+N)/N=2$ der des Grundrauschens. Für diese Messung benötigt man einen HF-Signalgenerator, eine Eichleitung von und ein AC-NF-Voltmeter.

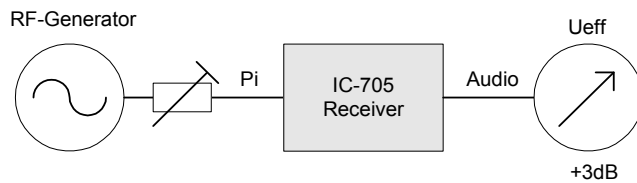


Bild 1: Messaufbau zur Ermittlung der Empfindlichkeit

Das Signal wird, ausgehend von -140dBm, soweit vergrößert, bis die NF-Ausgangsspannung am Voltmeter um $1,414 (20\log U_2/U_1)=3\text{dB}$ (41%) ansteigt. Den Überlagerungston stellt man hierbei auf ca. 1kHz ein. Die Empfindlichkeit (MDS) des Empfängers entspricht dann der eingespeisten Leistung (P_i).

Settings IC705: NB OFF, NR OFF, Notch OFF, BW=2,4kHz (SSB); HF-Generator: CW-Signal

	3,6MHz	14,1MHz	28,1MHz	51MHz	145MHz	435MHz
P.AMP off	-124dBm	-124dBm	-123dBm	-120dBm	-124dBm	-123dBm
P.AMP 1 ON	-134dBm	-133dBm	-131dBm	-129dBm	-	-
P.AMP 2 ON	-135dBm	-134dBm	-133dBm	-132dBm	-	-
P.AMP ON	-	-	-	-	-137dBm	-137dBm

Tabelle 1: Empfindlichkeit (MDS) in dBm bei BW = 2,4kHz (SSB)

P.AMP 1/2 können im Frequenzbereich bis 50MHz vorgeschaltet werden, P.AMP bei 144MHz und 430MHz. Wird zur Empfindlichkeitsmessung eine Bandbreite (BW) von 500Hz (CW) gewählt, verbessert sich die Empfindlichkeit um den Betrag von ca. $10 \lg 2.4\text{kHz}/0.5\text{kHz} = 7\text{dB}$.

Seitenbandrauschen (SBN) und Reziprokes Mischen (RMDR)

Seitenbandrauschen und reziprokes Mischen sind wichtige Kriterien zur qualitativen Beurteilung eines Empfängers. Starkes SBN des Empfängers kann ein kleines Signal neben einem starken Signal "zudecken" und so einen empfindlichen Empfänger "taub" machen. Beim Abtasten des A/D-Wandlers mischt sich das Seitenbandrauschen des Taktgenerators auf das empfangene Signal mit auf (reziprokes Mischen) und kann damit zur Blockierung des Empfängers führen. Trotz ausreichender Selektion können dadurch kleine Signale in der Nähe starker Signale vom Phasenrauschen des Taktgenerators zugedeckt werden. Das Seitenbandrauschen des Taktgenerators sollte möglichst gering sein. Seitenbandrauschen wird ebenso wie Grundrauschen in Leistung/Bandbreite (dBm/Hz) angegeben.

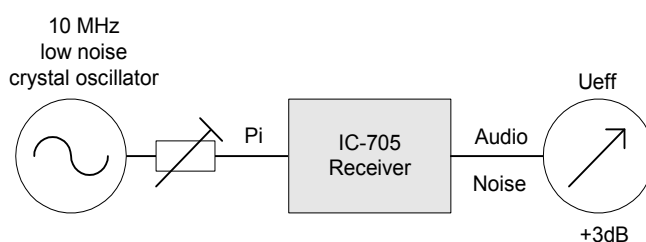


Bild 2: Aufbau für RMDR- und SBN-Messung

Zur Messung des SBN verwendet man den gleichen Messaufbau wie zur Empfindlichkeitsmessung und setzt wieder die "3dB-Methode" ein. Der einzige Unterschied zur Empfindlichkeitsmessung ist, dass jetzt ein extrem rauscharmes Testsignal verwendet werden muß. Das SBN des verwendeten Testoszillators muß in allen Frequenzabständen um mindestens 10dB besser sein, als das des zu prüfenden Empfängers. Ansonsten misst man das SBN des Testoszillators und nicht das des Empfängers, denn reziprokes Mischen funktioniert in beide Richtungen. Als quasi rauschfreies Testsignal verwende ich einen 10MHz OCXO von KVG mit einem SBN von -164dBc/Hz in 1kHz Abstand zum Träger.

Die Empfangsfrequenz wird zunächst auf $f_e = \pm 1\text{kHz}$ von 10MHz eingestellt und der Signalpegel so weit erhöht, bis das Rauschen am NF-Ausgang um 3dB angestiegen ist (Desensibilisierung). Im Beispiel erfolgt das bei $P_e = -23\text{dBm}$. Der SBN-Pegel erreicht damit den Wert des Grundrauschens (MDS) von $-131\text{dBm}/500\text{Hz}$. Bedeutet, ein rauschfreies Eingangssignal von $P_i = -23\text{dBm}$ desensibilisiert die Empfindlichkeit des Empfängers in 1kHz Trägerabstand um 3dB.

Daraus berechnet sich ein RMDR (Reciprocal Mixing Dynamic Range) von

$$\text{RMDR} = P_i - \text{MDS} = -23\text{dBm} - (-131\text{dBm}) = 108\text{dB}$$

und ein SBN (Phase Noise) von

$$\text{SBN} = -(\text{RMDR} + 10\log B) = -(108\text{dB} + 10\log 500\text{Hz}) = -135\text{dbc/Hz}$$

Anschließend misst man das SBN in größeren Abständen zum Träger und trägt die Ergebnisse grafisch auf (**Bild 3 und Tabelle 2**). Das SBN kann soweit gemessen werden, bis der ADC aufgrund des steigenden Pegels in Begrenzung geht (OVF). Dies erfolgt bei IC-705 erst bei $P_i = -8\text{dBm}$. Grundsätzlich gilt: Je kleiner das SBN bzw. größer das RMDR, umso besser ist der Empfänger.

Ergebnis: Das RMDR und SBN ist gut und entspricht den Werten des IC-7300.

Settings IC-705: $f_e = 10\text{MHz} \pm \text{Offset}$, ATT off, P.AMP off, BW=500Hz, CW

Offset kHz	Pi dBm	RMDR dB	SBN dBc/Hz
1	-23	108	-135
2	-22	109	-136
3	-22	109	-136
5	-21	110	-137
10	-18	113	-140
20	-16	115	-142
30	-14	117	-144
40	-12	119	-146
50	-10	121	-148
100	-8	123	-150
ADC-Clip	-	-	-

Tabelle 2: RMDR und SBN (Phase Noise) in Abhängigkeit von Offset und Pi

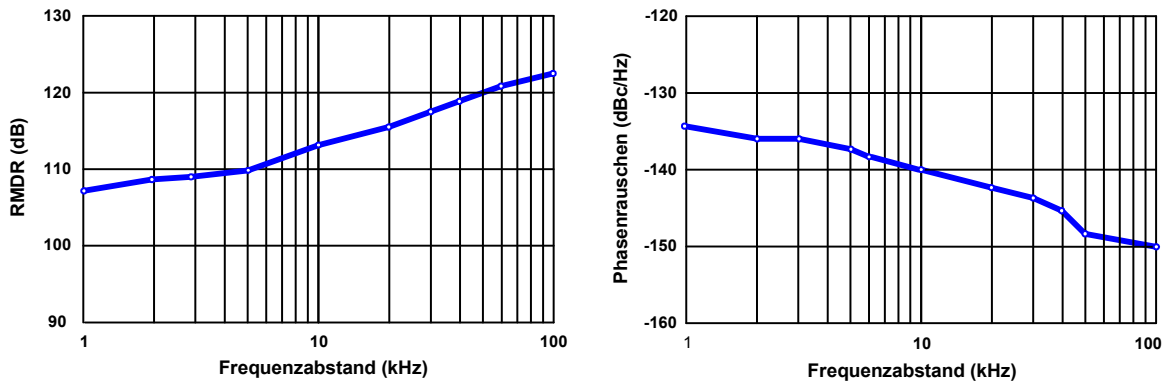


Bild 3: RMDR und Phasenrauschen im Abstand von 1kHz bis 100kHz vom Träger

Intermodulation (IMD3)

Zur Bestimmung der Intermodulationsfestigkeit (IMD3), verwendet man ein HF 2-Ton-Signal. Zwei gleich große HF-Signale, die in einem Frequenzabstand von 2kHz zueinander stehen (z.B. $f_1=14,100\text{MHz}$, $f_2 =14.102\text{MHz}$), werden auf den HF-Eingang des Empfängers gegeben und deren Pegel so weit erhöht, bis unerwünschte IM_3 -Störungen bei $2f_1-f_2$ und $2f_2-f_1$ entstehen, die gleich groß sind wie das Empfänger-Grundrauschen $(S+N)/N =2$, also genau 3dB über dem Grundrauschen liegen. Die Differenz zwischen Eingangspegel (P_i) und Grundrauschen (MDS) ergibt dann den IM-freien Dynamikbereich des Empfängers. Diesen Wert bezeichnet man auch als IFSS (Interference Free Signal Strength).

Den IMD3-Verlauf des IC-705 zeigt **Bild 5**. Die ersten Störprodukte tauchen bei $P_i = 2x-40\text{dBm}$ auf. Dann wächst die Intermodulation zunächst an, bis zu einem IMD3 von etwa -114dBm und fällt bei weiterer Pegelerhöhung wieder ab. Dieses "bucklige" IMD3-Verhalten ist typisch für einen ADC. Bei $P_i = 2x-23\text{dBm}$ erreicht der IC-705 seine maximale, verzerrungsfreie Dynamik von $-23\text{dBm} - (-121\text{dBm}) = 98\text{dB}$. Diese Dynamik wird aber nur in einem Punkt erreicht, im sog. Sweet Spot. Bei weiterer Signalerhöhung steigt die IM_3 wieder an und der ADC gerät ab $2x-13\text{dBm}$ in seine Begrenzung.

Die Dynamik entlang der IMD3-Kurve berechnet sich zu **DR3 = $P_i - IMD3$** (rote Zahlen)

Wichtig ist der Pegelbereich von -30dBm bis -25dBm . Hier erreicht der ADC seinen ungünstigsten Bereich, mit Intermodulation von bis zu 16dB über dem Grundrauschen (MDS).

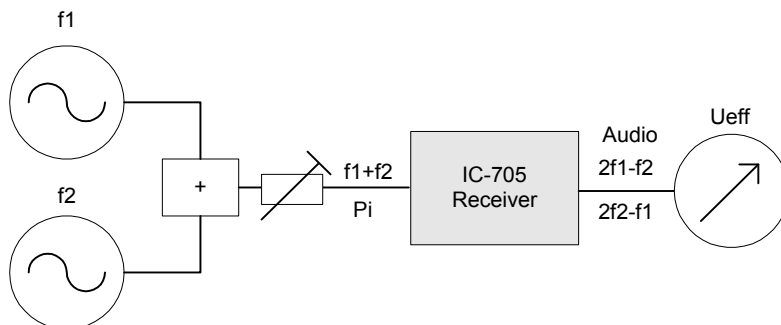


Bild 4: Testaufbau für IMD3-Messung

Die entstehende IMD_3 ist aber unproblematisch, weil sie noch unterhalb des Rauschens einer KW-Empfangsantenne liegt. Als ein Beispiel ist das ländliche- und städtische Rauschen (Rural- und Urban-Noise) bei 14MHz als Linien mit eingezeichnet. Solange die IMD_3 unter diesen Linien bleibt, gibt es keine Probleme, weil die Störprodukte nicht lesbar (hörbar) sind.

Settings IC-705: ATT off, P.AMP off, BW=500Hz, 500Hz CW

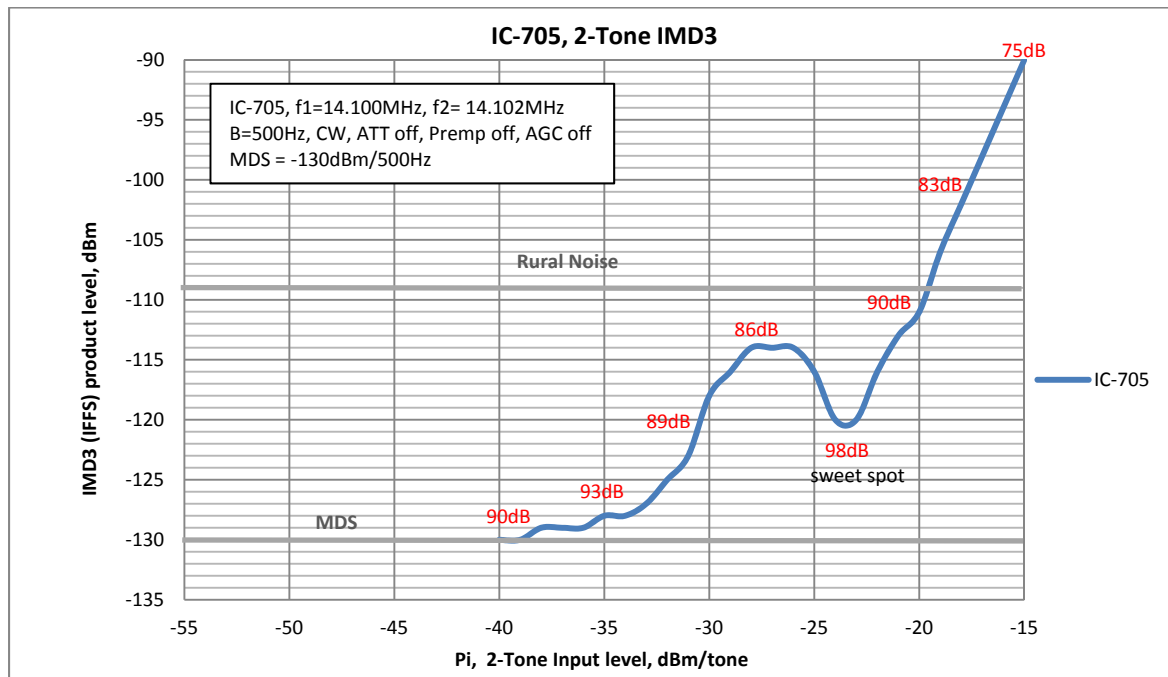


Bild 5: IMD3-Verlauf des IC-705, max. Dynamik im Sweet-Spot: 98dB

Hinweis: Zur fehlerfreien IMD3-Messung, muß der verwendete HF 2-Ton Generator selbst einen IMD3-Abstand von mindestens 100dBc besitzen. Erreicht der 2-Ton Generator das nicht, könnte der Sweet Spot mit einem Dynamikabstand von 98dB nicht mehr korrekt gemessen werden.

Ergebnis:

Die ersten Verzerrungsprodukte treten, im Vergleich zu anderen SDR's, erst spät auf und verbleiben bis kurz vor Saturation noch unterhalb der Rural-Noise Linie (Rauschen der Empfangsantenne). Die Großsignalfestigkeit des IC-705 ist gut.

Noise Power Ratio (NPR)

Bei der NPR-Messung, wird der Empfänger mit einem weißem Rauschsignal über eine definierte Bandbreite belastet. Ein schmalbandiges Notchfilter (Kerbfilter) unterdrückt an einer Stelle das Rauschen vollständig, so dass der Empfänger an dieser Stelle kein Rauschsignal mehr empfängt und mit seiner normalen Empfindlichkeit arbeitet. Bei der NPR-Messung wird das Rauschsignal soweit erhöht, bis sich auch im Sockel des Kerbfilters eine geringe Signalerhöhung über dem Grundrauschen zeigt und am NF-Ausgang ein Rauschanstieg von 3dB entsteht. Der ADC des Empfängers befindet sich damit kurz vor seiner Begrenzung (Clipping). Die Differenz von eingespeister Rauschleistung (P_{TOT}) zur Empfindlichkeit (MDS) entspricht dann dem Noise Power Ratio (NPR).

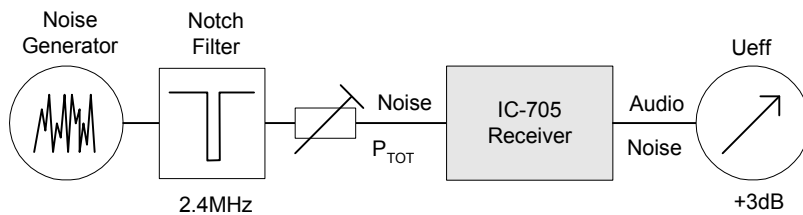


Bild 6: NPR-Messaufbau

Bei einem eingespeisten Rauschpegel von -14dBm und einer Rauschbandbreite von 0 bis 4MHz befindet sich der IC-705 kurz vor seiner Begrenzung, welche gleichzeitig auch durch eine flackernde

OVF-Meldung (Overflow) im Bildschirm angezeigt wird. Bei einer Empfindlichkeit von -131dBm/500 Hz ergibt sich daraus ein Noise Power Ratio von

$$NPR = P_{TOT} - 10\lg \text{Rauschbandbreite/Auflösungsbandbreite (BW)} - MDS$$

$$NPR = -14\text{dBm} - 10\lg 4\text{MHz}/500\text{Hz} - (-131\text{dBm}) = 78\text{dB}$$

Settings IC-705: ATT off, P.AMP off, BW=500Hz, CW

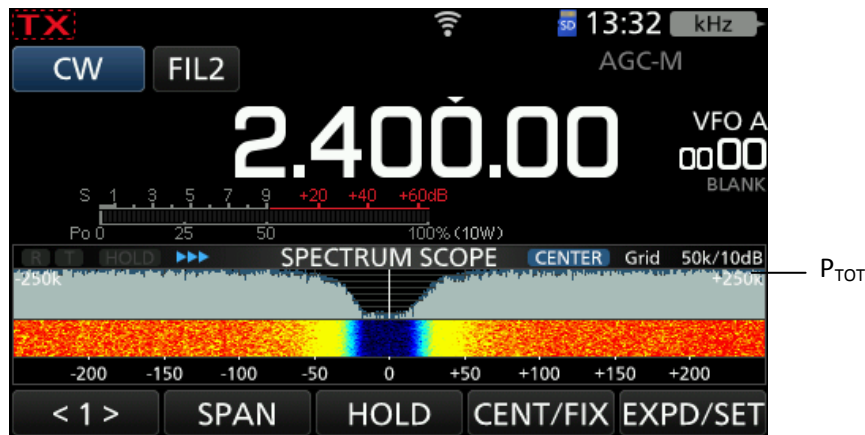


Bild 7: NPR-Spektrum im Display des IC-705

Frequenz	Notchfilter	Rauschbandbreite	BW	MDS	P _{TOT}	NPR
2.4MHz	2.4MHz	0-4MHz	500Hz	-131dBm	-14dBm	78dB
9MHz	9MHz	0-10MHz	500Hz	-130dBm	-11dBm	76dB
21MHz	*	0-22MHz	500Hz	-130dBm	-9dBm	75dB
50MHz	*	0-55MHz	500Hz	-127dBm	-5dBm	72dB

Tabelle 3: NPR bei unterschiedlichen Frequenzen * NPR-Ermittlung über die OVF-Anzeige

Ergebnis: In Richtung höherer Frequenzen wird das NPR kleiner, was in den breiter werdenden HF BP-Filtern begründet ist. Die BP-Filter erzeugen keine zusätzliche IM und das NPR ist ähnlich gut wie beim IC-7300.

Transmitter

HF-Ausgangsleistung

Zur Bestimmung der HF-Ausgangsleistung, wird ein 1 kHz-Sinussignal an den Mikrofoneingang gelegt und über ein 40dB Dummy-Load die HF-Ausgangsleistung (Pa) gemessen. Bei den Messungen wurde der IC-705 über ein 13.8V-Netzgerät versorgt.

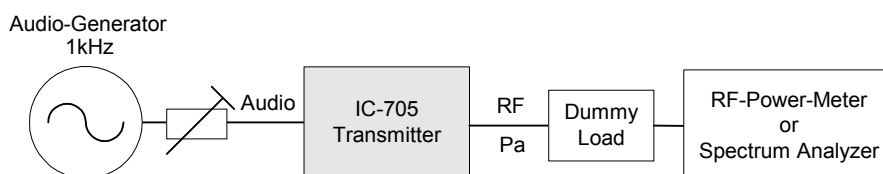


Bild 8: Leistungsmessung mit einem CW-Signal

Settings IC-705: SSB 2,4kHz, RF Power 100%, Versorgung 13,8VDC, Dämpfung 40dB

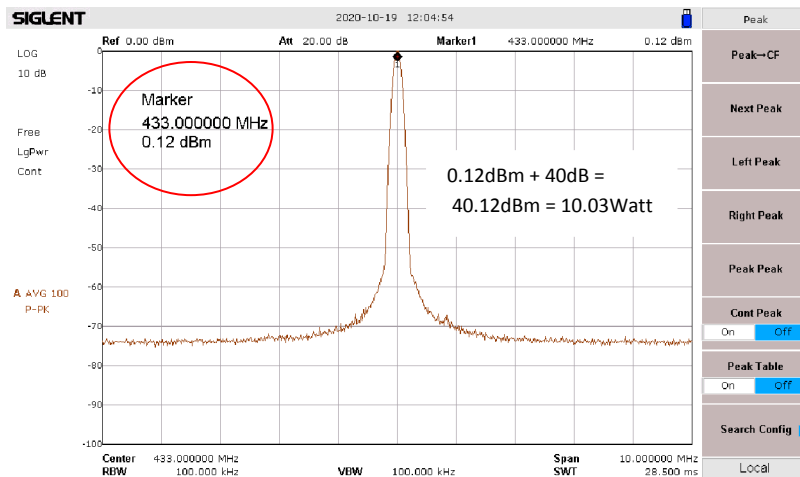


Bild 9: Maximale HF-Ausgangsleistung eines CW Signals bei 433 MHz

Frequenz	P _{a max}
3,6 MHz	10,79 W
14,1 MHz	11,14 W
21,2 MHz	10,86 W
50 MHz	10,74 W
145 MHz	10,74 W
433 MHz	10,28 W

Tabelle 4: Maximale HF-Ausgangsleistung des IC-705 bei unterschiedlichen Frequenzen

Intermodulation

Zur Messung der Intermodulation der HF-Endstufe, verbindet man den Mikrofoneingang mit einem niederfrequenten 2-Ton-Generator (f1=700Hz, f2=1500Hz) und stellt die Mikrofonspannung so ein, dass der Sender seine maximale PEP-Ausgangsleistung erreicht. Zu beachten: Da der Sender mit zwei gleich großen, dicht benachbarten NF-Signalen angesteuert wird, kommt es zu einer Schwebung, bei der sich die Signale addieren oder auslöschen (Bild 5).

Bei einer PEP-Ausgangsleistung von 10Watt, liegen die beiden Sinussignale im Spektrum deswegen 6dB unterhalb der Spitzenleistung von 10Watt.

Settings IC-705: Modulation mit 2-Ton-Signal bei 700Hz +1500Hz, SSB, BW= 2,4kHz, RF Power 100%, Versorgung 13,8VDC, Dämpfung Dummy Load 40dB

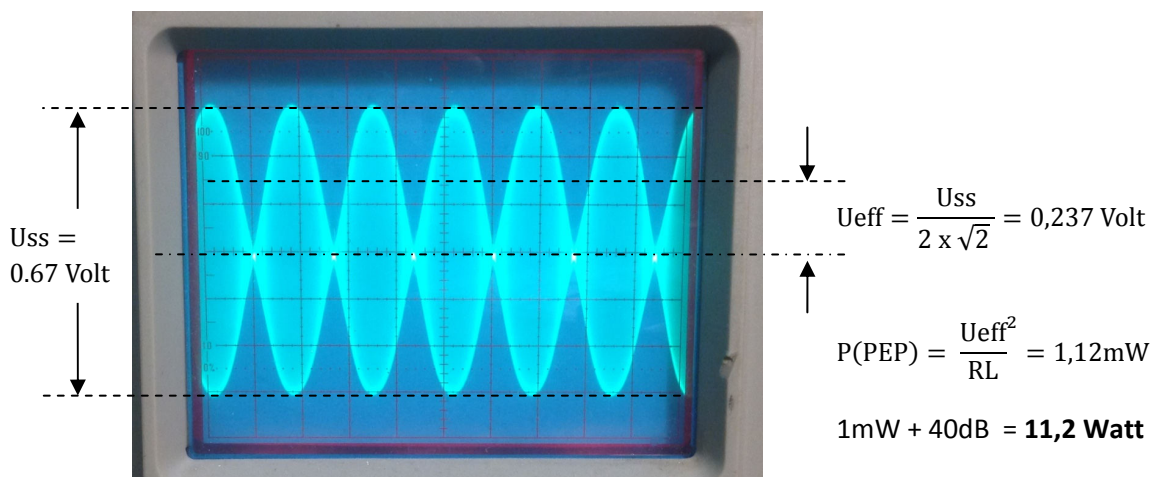


Bild 10: Messung der Leistung eines HF 2-Ton-Signals im Zeitbereich, gemessen bei 14,1MHz

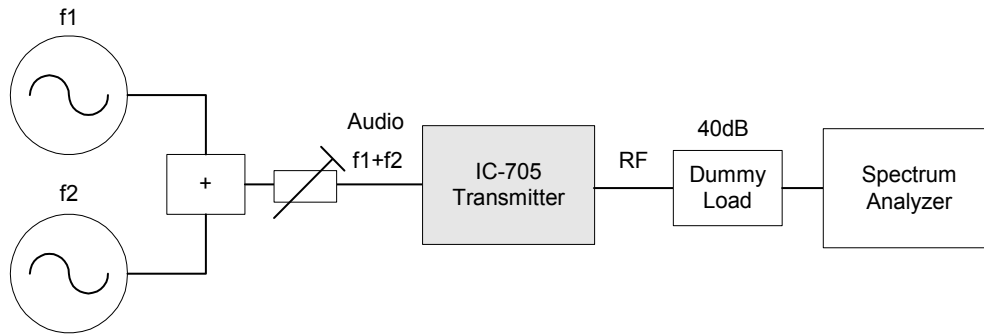


Bild 11: Transmitter IMD-Messung

Frequenz	3,6 MHz	14,1 MHz	50 MHz	145 MHz	435 MHz
PEP-Leistung	10,8Watt	11,1Watt	10,7Watt	10,7Watt	10,3Watt
IMD3-Abstand	35dB	36dB	33dB	30dB	32dB

Tabelle 5: IM3-Messergebnisse auf den Bändern

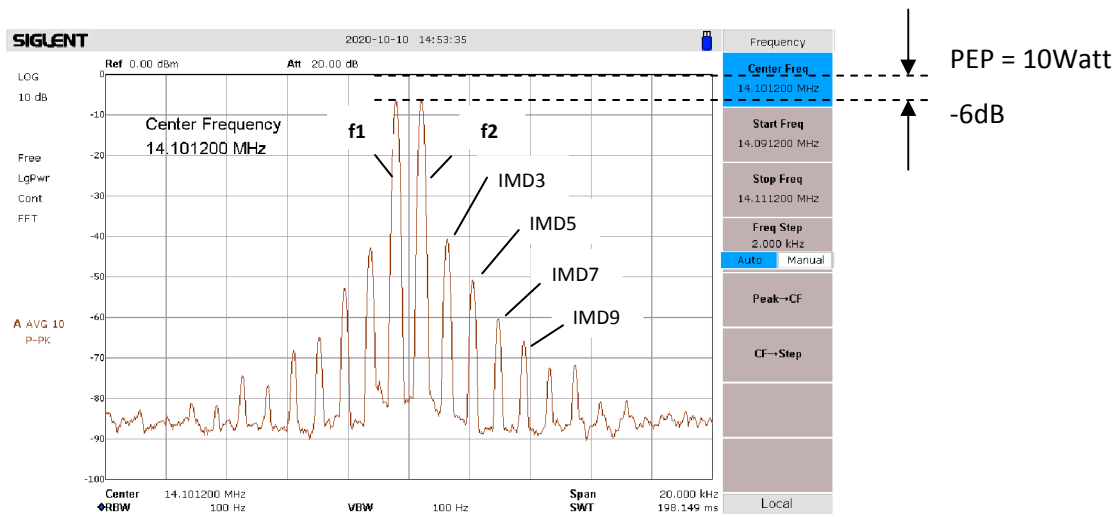


Bild 12: 14.1MHz: IMD3=35dB

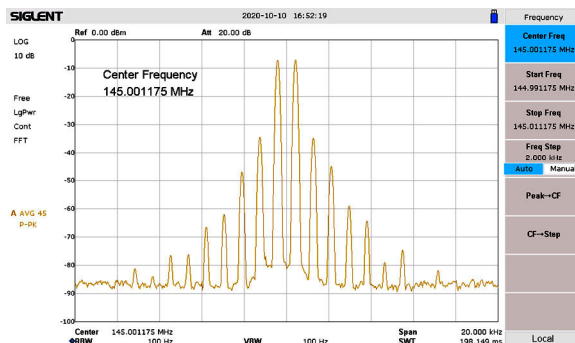


Bild 13: 145MHz, IMD3=30dB

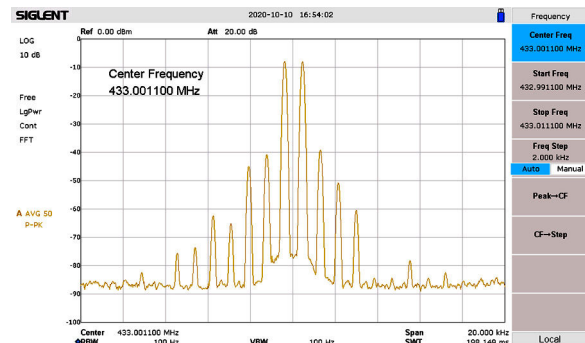


Bild 14: 433MHz, IMD3=32dB

Ergebnis: Bei Vollaussteuerung sind die IMD3-Verzerrungen um >30dB unterdrückt. Die weiteren IM-Produkte fallen schnell ab und Nachbarkanäle werden nicht gestört.

IC-705 Remote Control

Der IC-705 verfügt über einen eingebauten Server und eine WLAN-Schnittstelle, wodurch sich die Verbindung zur Fernsteuer-Software RS-BA1 vereinfacht (1). Zunächst muß der IC-705 über WLAN mit dem heimischen WLAN-Router verbunden werden. Dazu auf *Menü -> Set* auf *WLAN gehen* WLAN auf *ON* schalten. Dann auf *Connection Settings -> Access Point* und den Zugangspunkt des WLAN-Routers wählen. Das Kennwort (Password) eingeben und anschließend verbindet sich der IC-705 mit dem WLAN-Router. Die DHCP-Adresse des IC-705 erscheint im Display (Bild 15), notieren!

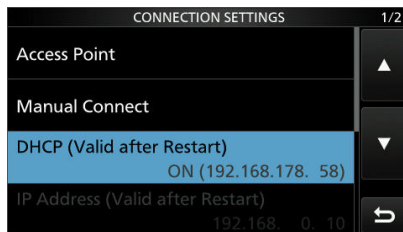


Bild 15: DHCP-Adresse des IC-705: 192.168.178.58

Weitere Einstellungen am IC-705:

- WLAN Set -> Connect Settings -> DHCP: ON
- WLAN Set -> Network Name -> Network Name (z.B. DC4KU705)
- WLAN Set -> Remote Settings -> Network Control: ON
- WLAN Set -> Remote Settings -> Internet Access Line: FTTH
- WLAN Set -> Remote Settings -> Network USER1 -> Network User1 ID -> (z.B. user1), Network User1 Password (z.B user0001)
- WLAN Set -> Remote Settings -> Network User 1 -> Network User 1 -> Administrator: YES

Einstellungen am PC

Nach Installation der Software **RS-BA1 Ver2.20** auf PC oder Notebook (Windows 10), erscheinen zwei Icons auf dem Bildschirm. Über "Icom Remote Utility" wird die Verbindung zwischen IC-705 und PC konfiguriert und "RS-BA1 Remote Control" ist die eigentliche Betriebssoftware.

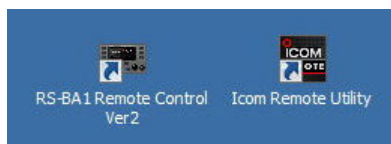


Bild 16: RS-BA1 Remote Control und Icom Remote Utility

Icom Remote Utility starten und *Setup Wizard* wählen. Aus den angebotenen vier Möglichkeiten "*Setup for a Remote PC (A radio with a Server function)*" anklicken (Bild 17). Anschließend unter *Add Server* den *Network Name* (DC4KU705) eintragen und unter *User ID* und *Password* -> *user1* und *user0001*. Nach Klick auf *Next*, sucht RS-BA1 im Netzwerk nach dem Server, was einige Sekunden dauern kann und meldet anschließend *Add Completed*.

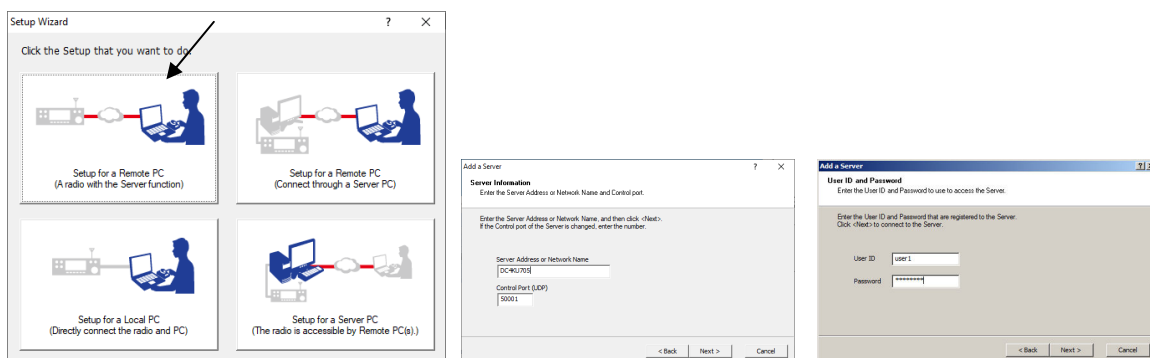


Bild 17: Setup Wizard wählen, Server Adresse eingeben und User ID, Password

Nach Klick auf *Finish*, öffnet sich die *Icom Remote Utility* nochmals und unter *Radio-List* erscheint << Connected >> (Bild 18). Im Lautsprecher des PCs ist bereit ein Rauschen zu hören, die Audio-Verbindung funktioniert also!

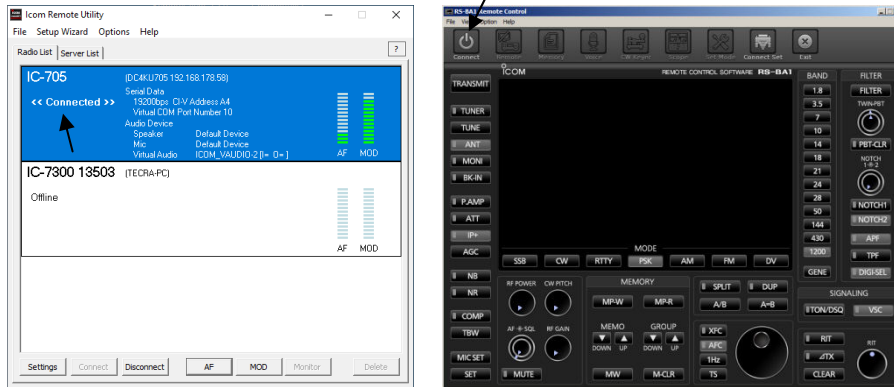


Bild 18: IC-705 Radio-List (links) und RS-BA1 geöffnet (rechts)

Dann bei RS-BA1 auf "Connect" drücken und das Display des IC-705 öffnet sich. Der Transceiver kann jetzt auf allen Frequenzen und Betriebsarten vom PC aus eingestellt werden.



Bild 19: RS-BA1 am PC gestartet

Verbindung ins Internet

Zur Fernsteuerung aus dem Internet, ist es nur noch ein kleiner Schritt. Im Router müssen unter *Netzwerk (DC4KU705) -> Freigaben* die Ports 50001 bis 50003 weitergeleitet werden (Bild 20) und als IP-Adresse wird nicht mehr die IP des IC-705 verwendet (s. Bild 15), sondern die "öffentliche IPv4 Adresse" des Routers. Diese Adresse findet man im Router unter *Internet -> Online Monitor*, bei mir lautet sie z.B. 91.36.146.84. Dann *Icom Remote Utility -> Server List* öffnen und unter *Adress* die IPv4-Adresse des Routers eintragen (Bild 21).

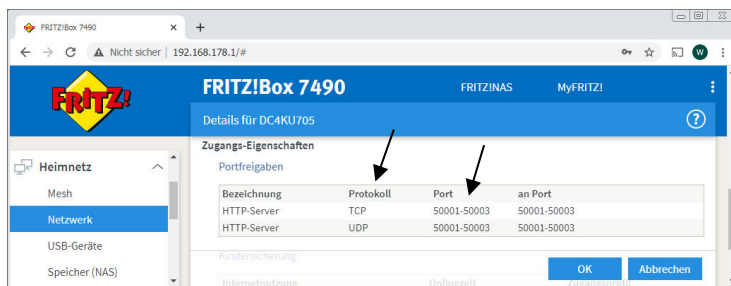


Bild 20: Port-Weiterleitung im Router einstellen

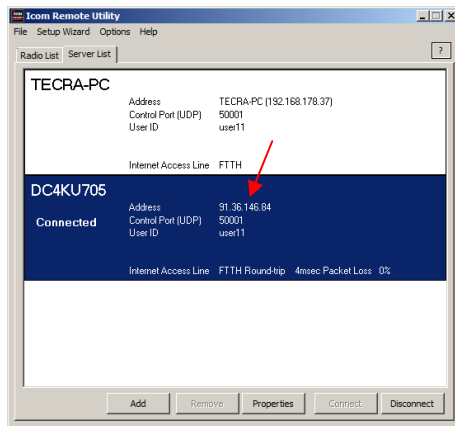


Bild 21: Im Server des IC-705 die "öffentliche IPv4-Adresse" des Routers eintragen

Nach Start von RS-BA Remote Control, öffnet sich nach einigen Sekunden die Bedienoberfläche des IC-705 und der Transceiver läßt sich weltweit aus dem Internet heraus bedienen. Die Übertragungsrates liegt bei 50...100kbits und bei einer schnellen Internet-Verbindung sind die Latenzzeiten gering.

Ich bedanke mich bei WiMo Antennen und Elektronik GmbH für die Leihstellung des IC-705.

Ergänzung

IMD2, Intermodulation 2. Ordnung

Neben der Intermodulation 3. Ordnung, bei der die Störsignale sehr dicht bei den Nutzsignalen liegen (bei $2f_1 - f_2$ und $2f_2 - f_1$), entstehen auch IMD2-Störsignale bei $f_1 + f_2$, die den Empfang beeinträchtigen können. Im Beispiel verwende ich zwei gleich große Nutzsignale bei 6.1MHz und 8.1 MHz und messe das unerwünschte Summensignal (IMD2) im 20m-Band bei 14.2MHz. Bei dieser Messung wird der Pegel (P_i) beider Signale soweit erhöht, bis das IMD2-Signal mit +3dB aus dem Grundrauschen (CW, 500Hz) hörbar wird, d.h. die Grenzeempfindlichkeit (MDS) erreicht. Die IMD2-freie Dynamik des Receivers beträgt dann

$$DR2 = P_i - MDS \quad (DR2 = \text{Dynamic Range 2. Order})$$

woraus sich ein IP2 berechnet zu

$$IP2 = (2 \times DR2) - MDS$$

Settings: $f_1=6,1\text{MHz}$, $f_2=8,1\text{MHz}$, $f_e=14,2\text{MHz}$, CW, B=500Hz, Preampl. Off

MDS dBm, 14.2MHz	P_i dBm	DR2 dB	IP2 dBm
-124	-39	85	+46

DR2-Messung bei $f_e = f_1 + f_2 = 14,2\text{MHz}$

Werner Schnorrenberg

DC4KU

19.10.2020

Rev. 28.10.2020, 08.11.2020, 12.02.2021, 07.05.2021

Literatur

- (1) Installation der Icom-Fernsteuersoftware RS-BA1
DC4KU, FUNKAMATEUR 2/2020
- (2) Vorstellung des Icom IC-705, WiMo 2000
Ekkehard Plicht, DF4OR
<https://www.youtube.com/watch?v=8HI62KcNR7c>
- (3) IC-705 Basis Betriebsanleitung, ICOM
https://www.icomeurope.com/wp-content/uploads/2020/08/IC-705_IM_GER_Basic_0_20200804.pdf
- (4) IC-705 Advanced Manual (English), ICOM
<https://www.icomjapan.com/support/manual/3063/>
- (5) RS-BA1 Version 2 Instruction Manual (English), ICOM
<https://www.icomjapan.com/support/manual/3063/>
- (6) IC-705, Firmware Download auf Version 1.12
https://www.icomjapan.com/support/firmware_driver/3119/
- (7) RS-BA1 Version 2, update auf Version 2.20
https://www.icomjapan.com/support/firmware_driver/3059/