

FT-DX10 - Test Report



Der YAESU FT-DX10 ist ein KW/50/70MHz-Transceiver mit 100W Sendeleistung und einem Hybrid-SDR-Empfänger. "Hybrid-SDR" bedeutet, ein superheterodyne Empfänger mit einer 1. ZF von 9MHz und einem nachgeschalteten direct-sampling SDR. Im Eingang der 1. ZF werden steilflankige Roofing-Filter von 500Hz, 3kHz und 15kHz verwendet, so dass der darauf folgende A/D-Wandler nur noch mit geringer Bandbreite beaufschlagt wird. Mit Hilfe des großsignalfesten 1. Mischers und rauscharmen Lokaloszillator, werden sehr gute Werte bezüglich Dynamik (109dB) und RMDR (116dB) erreicht. 15 schaltbare Bandpaßfilter im HF-Eingang, sorgen vorweg für eine schmalbandige Ansteuerung des 1. Mischers. Mit diesem Konzept, versuch Yaesu die Großsignalfestigkeit eines analogen Empfängers mit der Flexibilität eines digitalen Empfängers zu vereinen.

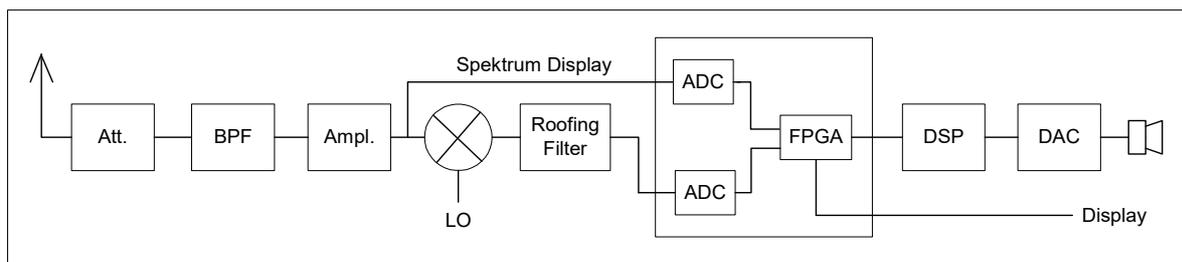


Bild 1: Blockschaltbild des Empfängers

Als Lektüre empfehle ich den Bericht "Yaesu FT-DX101D Hybrid aus zwei Welten" in FA 11/12 2019 und unter YouTube sich die Videos "Funktion und Aufbau des Yaesu FT-DX10" anzuschauen www.youtube.com/watch?v=x5zohcTp-e8 und www.youtube.com/watch?v=G5VtZIJaaYw und den Vergleich zum Konkurrenten Icom IC-7300 unter www.youtube.com/watch?v=QuH0t57gQeM.

Nachfolgend beschreibe ich die wichtigsten HF-Eigenschaften des Empfängers, wie MDS, RMDR, SBN, NPR und IMD3, dann die HF-Leistung und Intermodulation des Senders und abschließend die Fernsteuerung des Transceivers im Heimnetz und Internet.

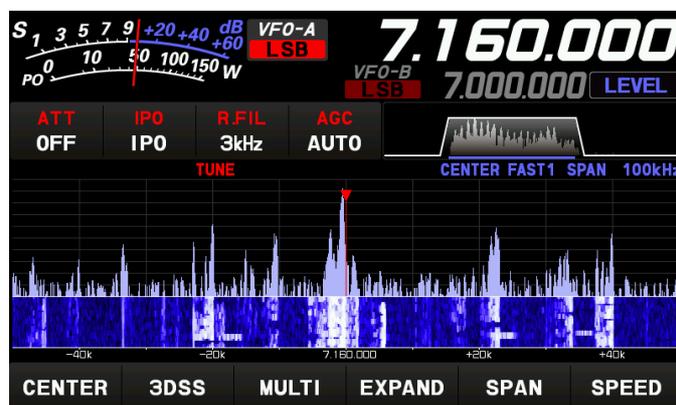


Bild 2: Schirmbild des FT-DX10 im 40m-Band

Messungen am Empfänger

MDS (Minimum Discernible Signal)

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

Ausgehend von -145dBm wird das Signal soweit vergrößert, bis die NF-Ausgangsspannung am RMS-Voltmeter um 1,414 ($=20\log U2/U1$) = 3dB ansteigt. Den Überlagerungston stellt man hierbei auf ca. 1kHz ein. Das MDS des Empfängers entspricht dann der eingespeisten Leistung (Pi).

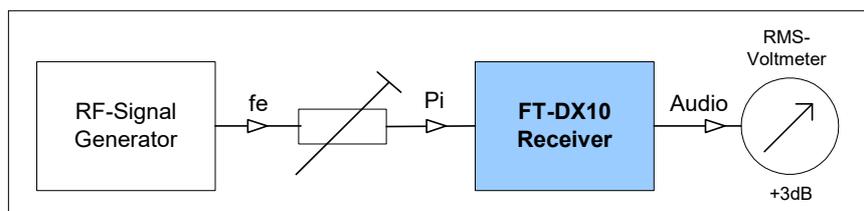


Bild 3: Messung des MDS

Settings FT-DX10: B=500Hz (CW), ATT off, AGC off, IPO/AMP1=On/Off

Frequenz	3,6MHz	7,1MHz	14,1MHz	21,1MHz	28,3MHz	51MHz
IPO	-125dBm	-125dBm	-125dBm	-125dBm	-130dBm	-130dBm
AMP1: ON	-134dBm	-134dBm	-135dBm	-135dBm	-140dBm	-139dBm

Tabelle 1: MDS mit B=500Hz Roofing-Filter (CW)

"IPO" bedeutet, dass der FT-DX10 ohne Vorverstärker arbeitet. AMP1 ist ein 10dB Vorverstärker.

Settings FT-DX10: B=2,7kHz (SSB), ATT off, AGC off, IPO/AMP1=On/Off

Frequenz	3,6MHz	7,1MHz	14,1MHz	21,1MHz	28,3MHz	51MHz
IPO	-120dBm	-120dBm	-120dBm	-120dBm	-125dBm	-124dBm
AMP1: ON	-129dBm	-130dBm	-130dBm	-129dBm	-133dBm	-133dBm

Tabelle 2: MDS mit B=3kHz Roofing-Filter (SSB)

Rauschzahl (Noise Figure, NF)

Mit einem Rauschgrenzwert von -174dBm/Hz, berechnet sich die Rauschzahl (Noise Figure) zu

Rauschzahl = MDS - 10logB - (-174dBm/Hz) = MDS + 140dB, mit B=2,7kHz Rauschbandbreite

Settings FT-DX10: B=2,7kHz, ATT off, AGC off, IPO/AMP1=On/Off

Preamp	3,6MHz	7,1MHz	14,1MHz	21,1MHz	28,3MHz	51MHz
IPO	20dB	20dB	20dB	20dB	15dB	16dB
AMP1: ON	11dB	10dB	10dB	11dB	7dB	7dB

Tabelle 3: Rauschzahl (NF, Noise Figure)

Ohne Vorverstärker ist der FT-DX10 relativ unempfindlich, bis 21MHz mit einer Rauschzahl von 20dB. Erst mit zugeschalteten AMP1, reduziert sich die Rauschzahl auf akzeptable Werte. Ich würde deshalb ab 14MHz den AMP1 zuschalten, so dass man auf NF=10dB kommt. Die Großsignalfestigkeit wird dadurch nicht beeinträchtigt, wie später noch gezeigt wird.

S-Meter Genauigkeit

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S9+10	S9+20	S9+30	S9+40	S9+50	S9+60
Soll (dBm)	-121	-115	-109	-103	-97	-91	-85	-79	-73	-63	-53	-43	-33	-23	-13
Ist (dBm)	-97	-96	-93	-90	-87	-84	-81	-78	-75	-65	-55	-45	-35	-25	-15

Tabelle 4: S-Meter Anzeige, f=14.1MHz, SSB, AMP1=ON

In Richtung kleiner Signale, ist von S-Meter Genauigkeit nicht mehr zu reden. Ab S9 stimmen die Werte so ungefähr. Ohne zugeschalteten Vorverstärker, verschlechtert sich die Genauigkeit nochmals um 10dB. Der FT-DX10 ist da aber nicht alleine, viele andere Empfänger haben ebenfalls keine S-Meter Genauigkeit.

RMDR (Reciprocal Mixing Dynamic Range) und Seitenbandrauschen (SBN)

Starkes Seitenbandrauschen (SBN) des Empfängers, kann kleine Signale in Nachbarschaft großer Signale „zudecken“ und den Empfänger unempfindlich machen. Beim Mischen moduliert sich das SBN des Überlagerungoszillators auf das Empfangssignal auf (reziprokes Mischen) und kann damit zur Desensibilisierung des Empfängers führen. Der durch reziprokes Mischen reduzierte Dynamikbereich wird demnach als "RMDR, Reciprocal Mixing Dynamic Range" bezeichnet.

Der RMDR berechnet sich aus der Differenz von eingespeistem Pegel (Pi), welcher für eine 3dB-Desensibilisierung des Empfängers verantwortlich ist, abzüglich der Grenzemfindlichkeit (MDS).

$$RMDR = P_i - MDS$$

woraus sich ein Seitenbandrauschen (SBN) des Empfängers (Lokaloszillators) ergibt von

$$SBN = RMDR + 10\log B$$

Beispiel: In 2kHz Abstand zum Träger, reduziert ein CW-Signal von $P_i = -10\text{dBm}$ die Empfindlichkeit des FT-DX10 durch reziprokes Mischen um 3dB. Daraus berechnet sich ein RMDR von

$$RMDR = P_i - MDS = -10\text{dBm} - (-126\text{dBm}) = 116\text{dB}$$

und ein SBN von

$$SBN = MDS - P_e - 10\log B = -126\text{dBm} - (-10\text{dBm}) - 10\log 500\text{Hz} = -143\text{dBc/Hz}$$

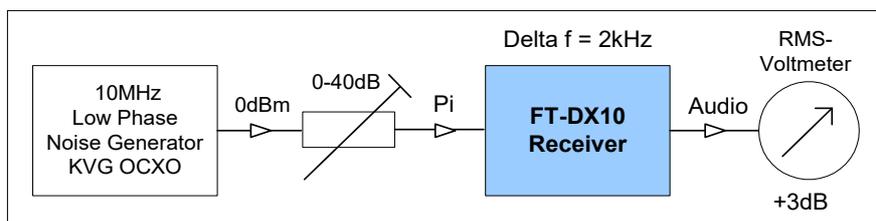


Bild 3: RMDR- und SBN-Messung

Settings FT-DX10: f=10MHz, CW, B=500 Filter, IPO on, Att. off, MDS = -126dBm/500Hz

Offset kHz	Pi dBm	RMDR dB	SBN dBc/Hz
1	-12	114	-141
2	-10	116	-143
5	-8	118	-146
10	-7	119	-147
50	-6	120	-148
100	-6	120	-148

Tabelle 4: RMDR und SBN in Abhängigkeit des Trägerabstands, MDS = -126dBm/500Hz

Der RMDR eines guten Empfängers sollte in 2kHz Abstand größer sein, als seine IMD3-Dynamik, ansonsten bestimmt das RMDR die Großsignalfestigkeit des Empfängers. Ein 2kHz RMDR von -116dB ist ein hervorragender Wert und liegt über der IMD3-Dynamik des FT-DX10, wie nachfolgend noch gezeigt wird.

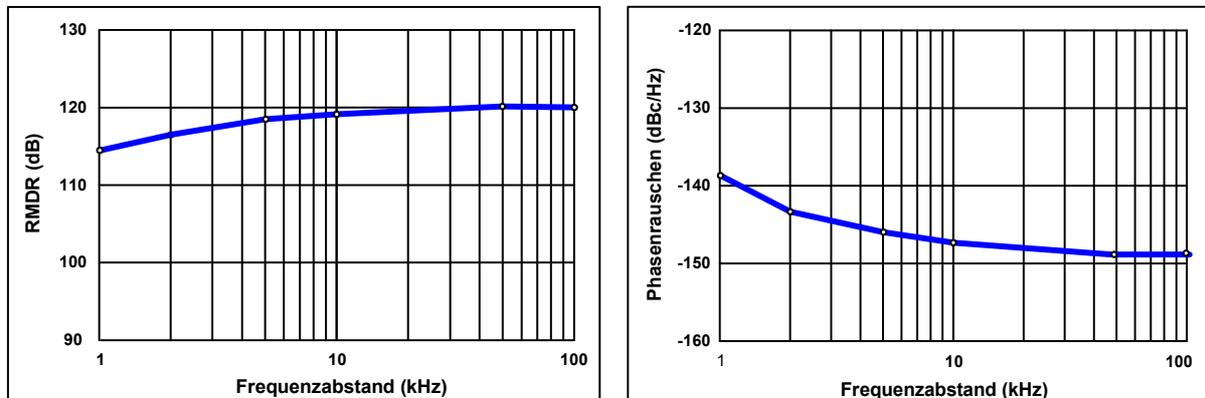


Bild 4: Verlauf RMDR und SBN im Trägerabstand von 1 bis 100kHz

IMDR3 (Intermodulation Dynamic Range 3.Order)

Zur Bestimmung des IMD3-Verzerrungen, wird der Empfänger mit einem 2-Ton Generator (f_1, f_2) angesteuert und dessen Pegel soweit vergrößert, bis die ersten IMD3-Produkte bei f_1-2f_2 bzw. f_2-2f_1 mit 3dB über dem Rauschen erscheinen. Bei diesem Pegel ist die maximale IMD3-freie Dynamik des Empfängers erreicht.

Settings 2-Ton Generator: $f_1=14.100\text{MHz}$, $f_2=14.102\text{MHz}$, $\Delta f=2\text{ kHz}$, $P_i = -40\dots 0\text{dBm}$

Settings FT-DX10: IPO=On, Roofing Filter 500Hz, CW

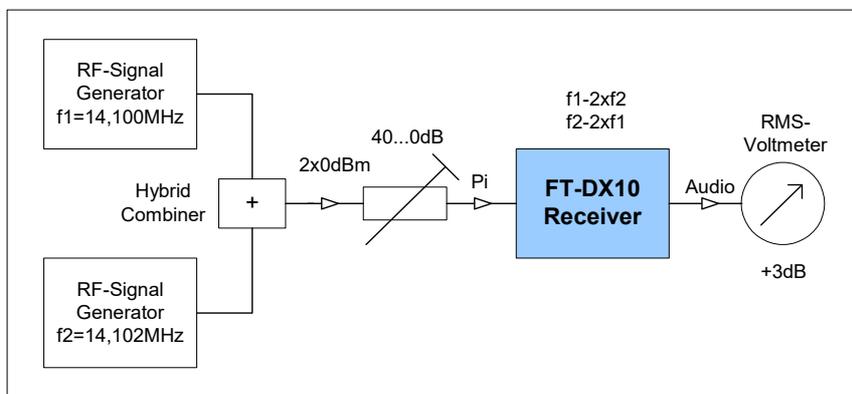


Bild 5: IMD3-Messung im 40m-Band, $\Delta f=2\text{kHz}$

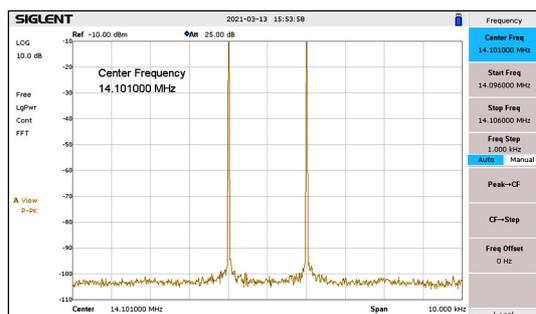


Bild 6: IMD3-freies Signal des 2-Ton Generators

Erst bei einem 2-Ton Pegel von $P_i = 2x-15dBm$, entstehen bei $f_1 - 2x f_2$ bzw. $f_2 - 2x f_1$ die ersten IMD3-Störsignale mit 3dB über dem Rauschen. Daraus berechnet sich ein maximaler DR3 (Dynamic Range 3. Order) von

$$DR3 = P_i - MDS = -15dBm - (-125dBm) = 110dB$$

Da es sich beim FT-DX10 im HF-Eingang um einen Superheterodyne-Empfänger handelt, kann auch der IP_3 (Intercept Point 3rd. Order) berechnet werden.

$$IP_3 = DR3/2 + P_i = 110dB/2 - 15dBm = +40dBm$$

Darstellung des 2-Ton Signals im Spectrum Display:

Ein 2-Ton Signal von $2x-15dBm$ (S_9+58dB) erzeugt im Bildschirm zwar schon sichtbare IMD3-Produkte, die aber im Lautsprecher erst mit 3dB über dem Rauschen hörbar/lesbar sind! Die maximale Dynamik aus dem FFT-Spektrum zu berechnen, wäre falsch! Das gilt für alle SDR's.

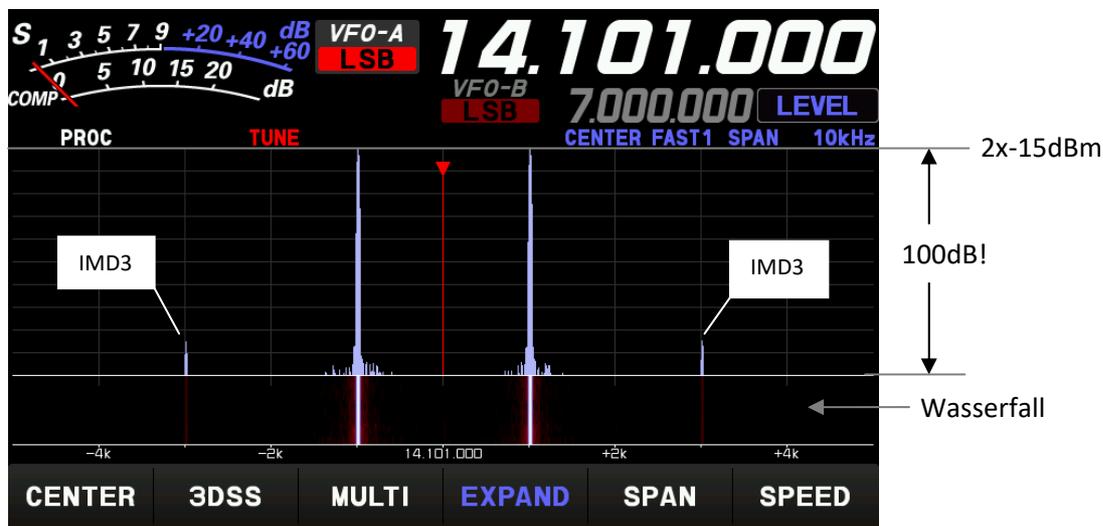


Bild 7: 2-Ton Messung am FFT-Diplay des FT-DX10 über eine Dynamik von 100dB

NPR (Noise Power Ratio)

Bei dieser Messung, wird dem Empfänger anstelle von Sinussignalen ein homogenes Rauschband von 0 bis 10MHz zugeführt und dieses soweit erhöht, bis der Empfänger Intermodulation erzeugt. Die entstehende Intermodulation äußert sich dann aber nicht mehr in Form von einzelnen Störsignalen, sondern in einem additiven Rauschanstieg. Steigt der relative Rauschpegel, gemessen über ein RMS-Voltmeter am NF-Ausgang des Empfängers um +3dB an, ist das maximale NPR (Rauschleistungs-verhältnis) des Empfängers erreicht.

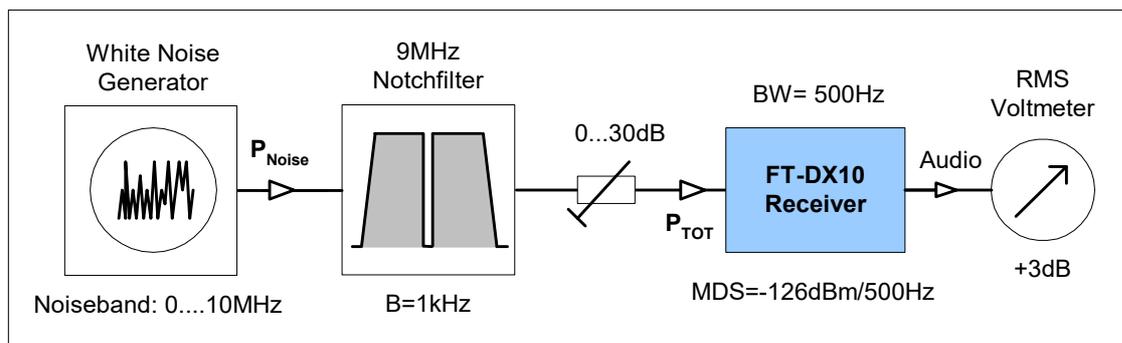


Bild 8: NPR-Messaufbau

Damit dieser geringe Rauschanstieg überhaupt detektierbar wird, wird zwischen Rauschgenerator und Empfänger ein schmalbandiges Quarz-Notchfilter (**1**) geschaltet, mit einer Kerbtiefe von 100dB. Wird der Empfänger durch das angelegte Rauschen noch nicht übersteuert, ist im Sockel des Filters nur das Grundrauschen (MDS) des Empfängers detektierbar, in der Größe von -126dBm/500Hz. Sobald der Empfänger aber durch Vergrößerung des Rauschens IMD3-Produkte erzeugt, wird dies durch einen Rauschanstieg im Boden des Kerbfilters erkennbar. Die maximale Aussteuerung ist erreicht, wenn das Rauschen um 3dB ansteigt, also dem Pegel des Grundrauschens entspricht.

Bei einer eingespeisten Rauschleistung von $P_{\text{tot}} = -5\text{dBm}$ über eine Rauschbandbreite von **0...10MHz**, entsteht im Sockel des Notchfilters ein Rauschanstieg (Intermodulationsanstieg) von **3dB** und das maximale Rauschleistungsverhältnis berechnet sich zu

$$\text{NPR} = P_{\text{tot}} - 10\log \text{Rauschbandbreite (B}_{\text{RF}}) / \text{Auflösungsbandbreite (B}_{\text{IF}}) - \text{MDS}$$

$$\text{NPR} = -5\text{dBm} - 10\log 10\text{MHz}/500\text{Hz} - (-126\text{dBm}) = -5\text{dBm} - 43\text{dB} + 126\text{dBm} = 78\text{dB}$$

Wählt man anstelle IPO=ON (Vorverstärkung=0dB) den Vorverstärker AMP1=ON (+10dB), ergibt sich ein maximaler Rauschpegel von $P_{\text{TOT}} = -13\text{dBm}$ und der NPR berechnet sich zu

$$\text{NPR} = -13\text{dBm} - 10\log 10\text{MHz}/500\text{Hz} - (-134\text{dBm}) = -13\text{dBm} - 43\text{dBm} + 134\text{dBm} = 78\text{dB}$$

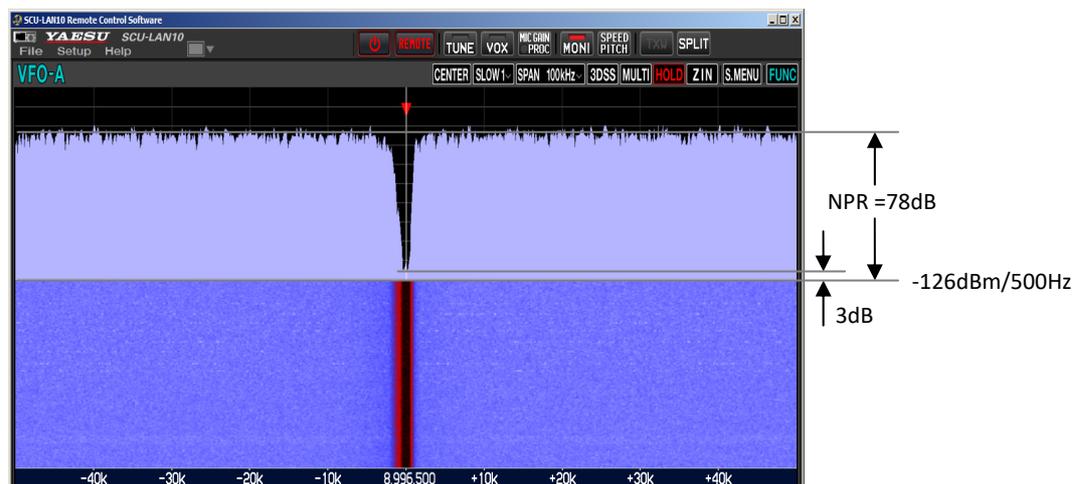


Bild 9: NPR-Messung

	Noise Bandwidth	BW	Noise/BW	MDS	P_{tot}	NPR
IPO: ON	0...10MHz	500Hz	43dB	-126dBm	-5dBm	78dB
AMP1: ON	0...10MHz	500Hz	43dB	-134dBm	-13dBm	78dB

Tabelle 5: NPR ohne Vorverstärker (IPO=ON) und mit Vorverstärkung (AMP1=ON)

Ein NPR von 78dB ist ein guter Wert. Selbst mit zugeschaltetem HF-Vorverstärker, verkleinert sich das NPR nicht. Der Vorverstärker ist demnach großsignalfest und beeinflusst die IMD3-freie Dynamik des Empfängers auch bei großen Signalen nicht. Der FT-DX101D, wird aufgrund seiner zusätzlichen, schmalbandigen Trackingfilter im HF-Eingang, ein NPR von weit über 80dB erreichen.

Anmerkung: Das NPR ist ein "hartes" Messverfahren, mit dem das Großsignalverhalten aller Empfänger, ob analog, hybrid oder digital, bestimmt werden kann. Im Gegensatz zur Standard IMD3-Messung mit zwei CW-Signalen, ist die NPR-Messung im Prinzip die einzig relevante Möglichkeit, die verzerrungsfreie Dynamik sämtlicher Empfänger (analog wie digital) zu bestimmen. Zum Vergleich: Moderne, direktantastende Empfänger erreichen inzwischen schon ein NPR von über 75dB. NPR und verzerrungsfreie IMD3-Dynamik (DR3) dürfen nicht miteinander verwechselt werden. Der maximale

DR3 des FT-DX10 erreicht 110dB, der des IC-7300 im Sweet-Spot 102dB und der des IC-705 im Sweet Spot 98dB.

Messungen am Sender

HF-Ausgangsleistung

Zur Bestimmung der HF-Ausgangsleistung, wird ein 1 kHz Sinus-Signal an den Mikrofoneingang gelegt und über die HF-Ausgangsleistung (CW) über ein 60dB Dummy-Load und Spektrum Analyzator gemessen. Bei den Messungen wurde der FT-DX10 über ein 13.8V/32A-Netzgerät versorgt.

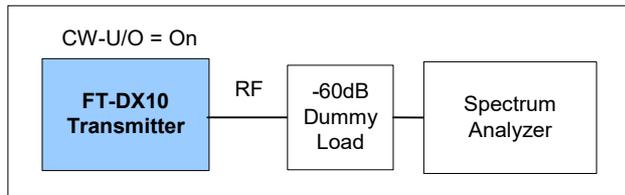


Bild 10: Leistungsmessung über ein CW-Signal

Settings FT-DX10: CW 500Hz, RF Power 100%, Versorgung 13,8VDC, Dummy Load 60dB

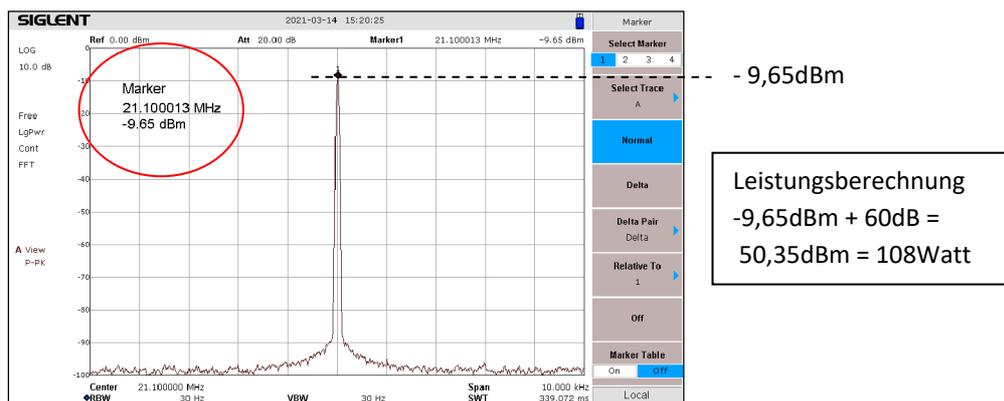


Bild 11: Maximale HF-Ausgangsleistung eines CW-Signals bei 21.1MHz

Frequenz	1.85MHz	3,7MHz	7,1MHz	14,1MHz	21,1MHz	28,3MHz	50MHz
Messwert	-9,66dBm	-9,68dBm	-9,53dBm	-9,72dBm	-9,65dBm	-9,81dBm	-9,85dBm
Max. Leistung	108 Watt	108 Watt	111 Watt	107 Watt	108 Watt	104 Watt	104 Watt
Unterdrückung 1. Harmonische	69dB	68dB	79dB	80dB	88dB	78dB	74dB

Tabelle 6: Maximale HF-Ausgangsleistung und Oberwellenabstand bei unterschiedlichen Frequenzen

Intermodulation des Senders

Zur Messung der Intermodulation des Senders, verbindet man den Mikrofoneingang mit einem NF 2-Ton Generator (f1=700Hz, f2=1700Hz) und stellt die Mikrofonspannung so ein, dass der Sender seine maximale Ausgangsleistung (PEP) 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. Bei einer PEP-Ausgangsleistung von z.B. 100Watt, liegen die beiden Sinus-Signale im Spektrum deswegen 6dB unterhalb der Spitzenleistung von 100Watt.

Settings FT-DX10: Modulation mit 2-TonNF-Signal $f_1=800\text{Hz}$, $f_2=1800\text{Hz}$, SSB, BW= 3kHz, RF Power 100%, Versorgung 13,8VDC, Dummy Load 60dB

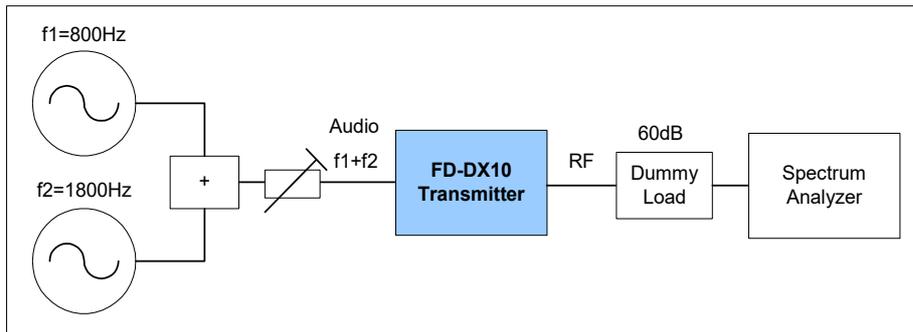


Bild 12: IMD-Messung am Sender

Frequenz	1,85MHz	3,7MHz	7,1MHz	14,1 MHz	21,1MHz	28.3 MHz	50 MHz
PEP-Leistung	108Watt	108Watt	114Watt	107Watt	107Watt	105Watt	97Watt
IMD3-Abstand	26dB	35,2dB	33,5dB	27dB	30,7dB	33dB	29dB

Tabelle 7: IM3-Messergebnisse auf den Bändern

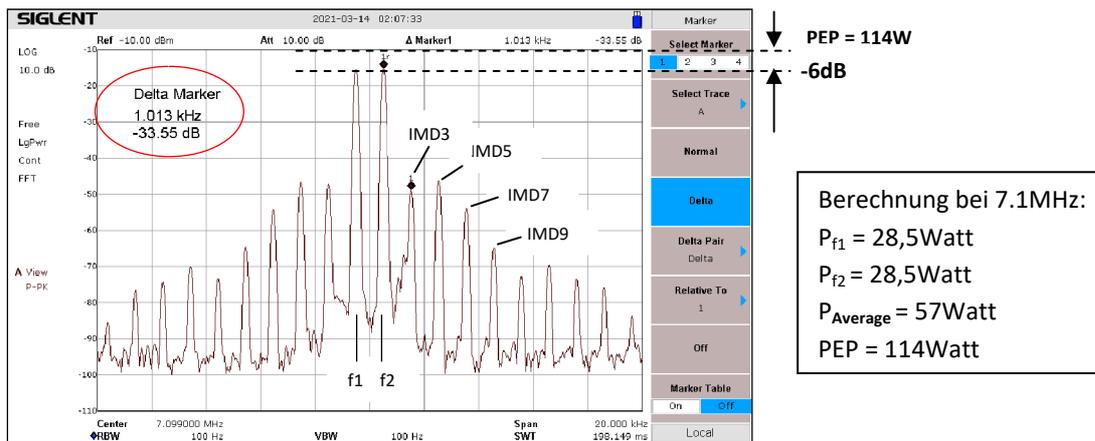


Bild 13: $f=7,1\text{MHz}$, f_1+f_2 , Delta IMD3 = 33,5dB

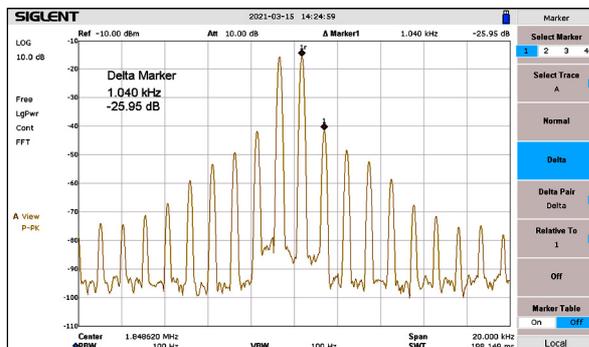


Bild 14: 1.85MHz, DR3=26dB

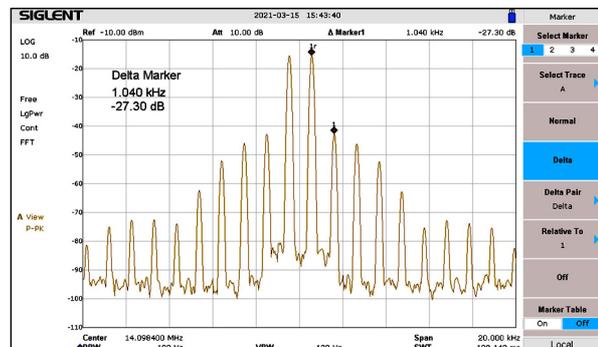


Bild 15: 14,1MHz, DR3=27dB

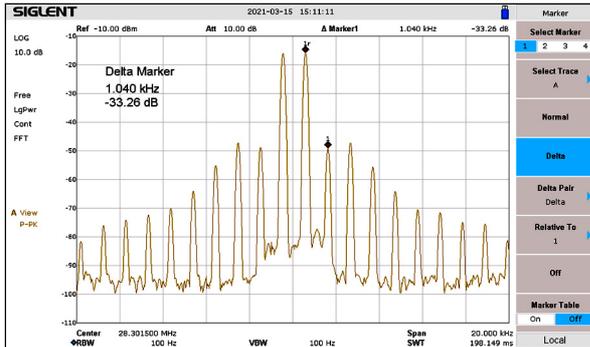


Bild 16: 28,3MHz, DR3=33dB

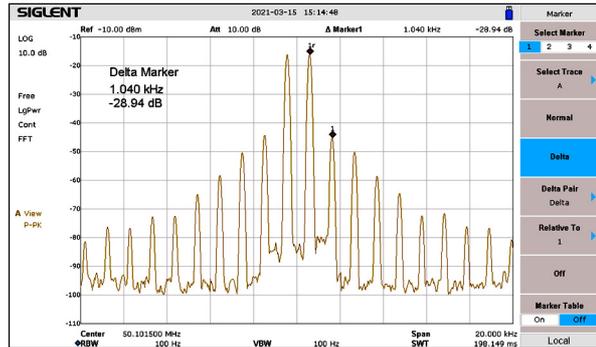


Bild 17: 50,1MHz, DR3=29dB

Resümee

Der FT-DX10 ist ein hervorragender KW/50/70MHz-Transceiver und hält die versprochenen Daten des Herstellers ein. Ein geeigneter Transceiver für exponierte Standorte und leistungsstarke Antennen, für Newcomer als auch für alteingesessene OMs. Die Kombination eines analogen Mixers plus nachfolgender digitaler Signalverarbeitung (SDR), liefert die zurzeit besten Ergebnisse.

Neben den positiven Eigenschaften, gibt es aber auch einige kritische Punkte, die nachfolgend beschrieben werden.

Bedienung

Die Bedienung des FT-DX-10 ist gewöhnungsbedürftig. Die kleinen Drucktasten rund um den großen VFO-Knopf sind nur schwer zu erreichen und wenn ja, berührt man unweigerlich auch den Rand des Drehkopfs und verstellt die dabei unwissentlich die Frequenz.

Bildschirmdynamik

Das Spektrum (Bandscope) arbeitet in seiner Grundeinstellung mit nur 50dB Dynamik. Das Grundrauschen erscheint deswegen ungewöhnlich groß und Signale mit 40dB über dem Rauschen überschreiten schon die obere Grenze des Bildschirms. Der Überblick geht dadurch etwas verloren. Über einen Trick, läßt sich der Bildschirm aber auf 100dB einstellen: Auf *Functions -> Scope -> Display Settings -> 2D Display Sensitivity* gehen und dort von *Hi* auf *Normal* schalten.

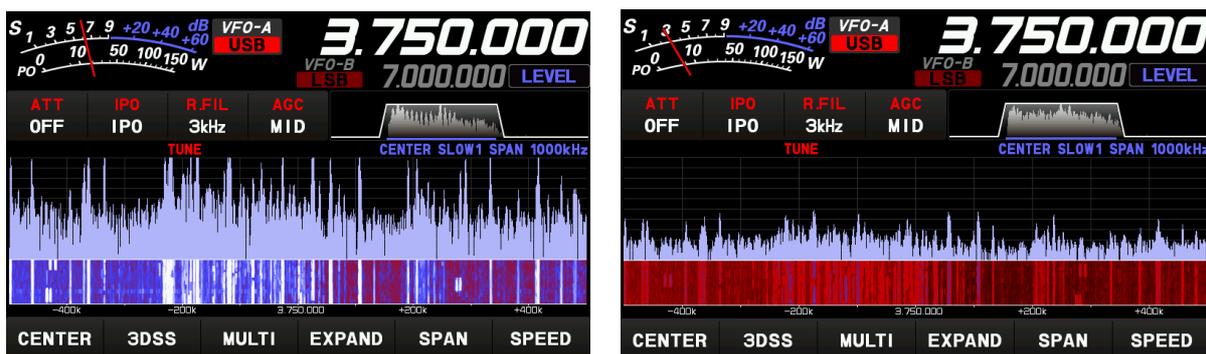


Bild 18: Bildschirm mit 50dB Dynamik (links) und mit 100dB Dynamik (rechts)

Mittlung des Spektrums

Weder die Ablaufgeschwindigkeit noch eine Mittelung (Average) des Spektrums läßt sich einstellen. Möchte man die Spektrallinien mitteln, damit sich das Grundrauschen optisch verkleinert, besteht keine Möglichkeit dazu. Bild 19 zeigt die Unterschiede zweier Transceiver. Der IC-7300 zeigt ein geglättetes Spektrum, wobei besonders das Grundrauschen zwischen den Signalen durch das Averaging stark reduziert wird. Weiterhin sind keine einzelnen Spektrallinien erkennbar sondern nur

die Hüllkurve. Das Ergebnis ist ein ruhiger Verlauf des gesamten Spektrums, in dem kleine Signale neben großen Signalen gut zu erkennen sind.

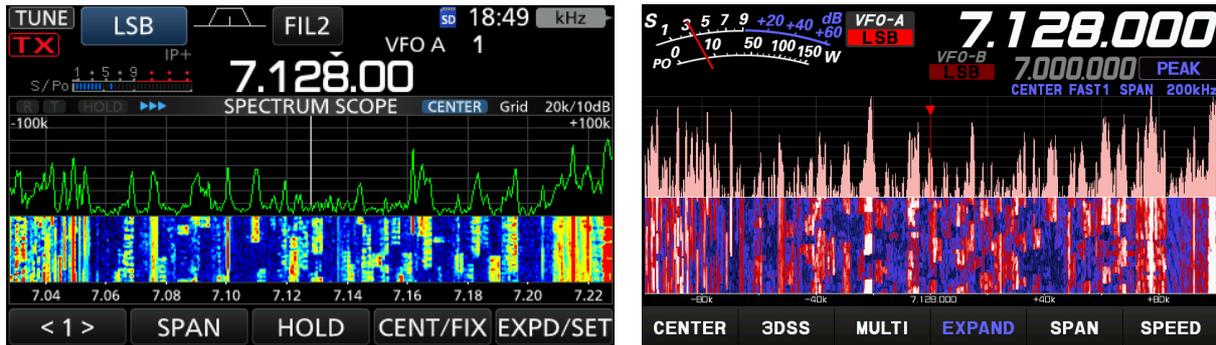


Bild 19: Vergleich IC-7300 (links) und FT-DX10 (rechts) bei gleichem Antennensignal

Beim FT-DX10 ist ein "Averaging" aber nicht möglich. Stattdessen zeigt er sämtliche Spektrallinien mit sehr hoher Ablaufgeschwindigkeit an und das Spektrum wirkt dadurch unruhig. Weil das Spektrum nicht zu glätten ist, erscheinen auch die Spitzen des Rauschens mit großen Amplituden, so dass kleine Signale nicht so gut zu erkennen sind. Man kann sich zwar an das Gezappel der Spektrallinien gewöhnen, braucht aber seine Zeit dafür.

Der einzige Vorteil eines schnell ablaufenden Spektrums (Real Time Spectrum Scope) ist, dass auch kleinste Änderungen von Signalen noch erkennbar sind, was über eine Mittelung nicht mehr möglich wäre. So lassen sich z.B. gepulste HF-Signale problemlos erkennen, obwohl sie vielleicht nur einige Millisekunden sichtbar sind. Militärs arbeiten z.B. mit solchen Empfängern.

Das der FT-DX10/101 über keine Mittelung des Spektrums verfügt, ist ein starkes Manko. Es ist so, wie ein Spektrumanalysator ohne Videofilter, im Prinzip wäre dieser nicht nutzbar.

Ich habe Yaesu auf das Thema aufmerksam gemacht und man denkt über eine Lösung des Problems nach.

Remote Control Software

Nach Installation der Software und Aufbau der Verbindung zwischen Transceiver und PC/Notebook, lassen sich über das *Setup Menu* (**Bild 20**) alle wichtigen Funktionen, wie Peak, Level, Sensitivity, Marker und Color per Mouse-Klick einfach und schnell einstellen und sogar ein Averaging (1...8) des Spektrums kann eingestellt werden (**Bild 21**). Das Averaging erfolgt dann aber am PC und nicht am FT-DX10! Ferngesteuert lassen sich einige Funktionen einstellen, die am Grundgerät selbst nicht möglich sind.

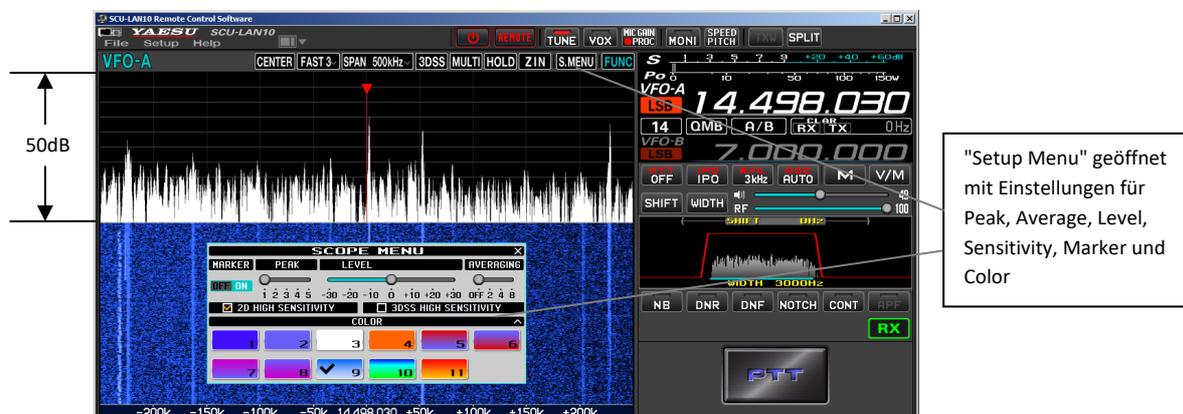


Bild 20: Spektrum mit 50dB Dynamik, ohne Average. "Scope Menu " geöffnet

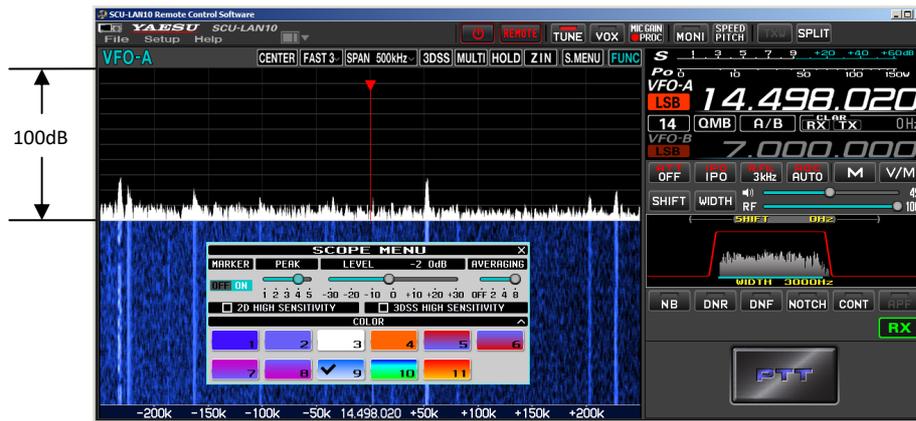


Bild 21: Spektrum mit 100dB Dynamik und gemitteltem Rauschen

3DSS-Darstellung

Nach Anwahl von 3DSS, wird das Spektrum in drei Dimensionen angezeigt. Mit nur 50dB Dynamik ist 3DSS nicht so gut einsetzbar (Bild 22), über 100dB klappt es schon besser. Die optisch beste 3D-Darstellung entsteht über Remote Control am Bildschirm eines PC (Bild 23). Ob das 3D-Display im praktischen QSO-Betrieb von Vorteil ist, muß jeder Anwender für sich selbst herausfinden.

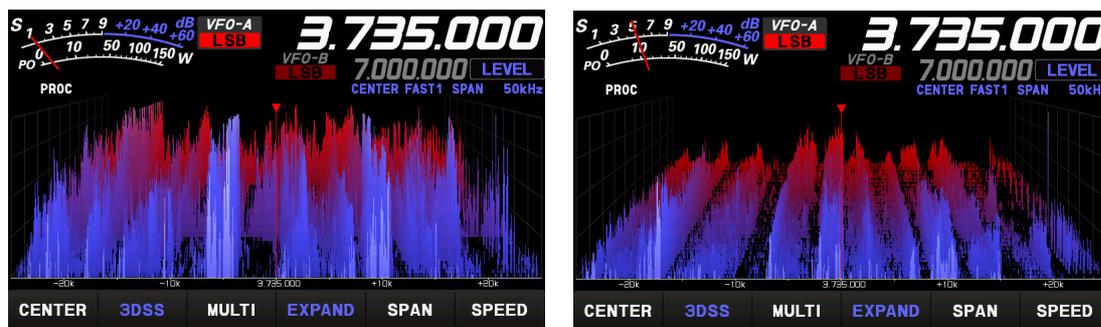


Bild 22: 3DSS mit 50dB Dynamik (links) und mit 100dB Dynamik (rechts)

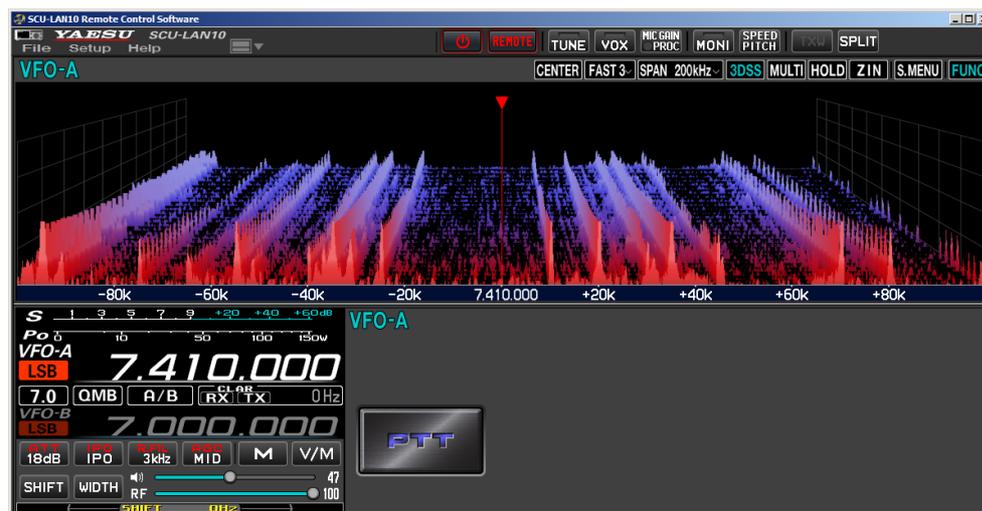


Bild 23: 3DSS über Remote Control am Notebook, die vielleicht beste Lösung

Ich bedanke mich bei "WiMo Antennen und Elektronik GmbH" für die Leihstellung des FT-DX10.

Werner Schnorrenberg
DC4KU
31.03.2021

Literatur

- (1) **FT-DX10 Remote Control**, Fernsteuerung des FT-DX10
FUNKAMATEUR 06/2021
https://dc4ku.darc.de/FT-DX10_Remote_Control_DC4KU.pdf
- (2) **Aufbau eines Kerbfilters für NPR- und SBN-Messungen**
CQ-DL 05/2021
https://dc4ku.darc.de/Aufbau_Notchfilter.pdf
- (3) **Unterschiede zwischen analogen und digitalen Empfängern**
FUNKAMATEUR 04/2021
https://dc4ku.darc.de/Unterschiede_zwischen_analogen_und_digitalen_Empfaengern_DC4KU.pdf
- (4) **IC-7300 - Test**
CQ-DL 09/2021
https://dc4ku.darc.de/IC-7300-Test_DC4KU.pdf