

IC-7300 - Test



Der IC-7300 ist ein moderner, direkt abtastender KW/50/70MHz-Transceiver und zeichnet sich durch folgende Besonderheiten aus: HF-Direktabtastung, Echtzeit-Spektrumskop, RMDR 97dB in 1kHz Abstand, IP+ Funktion, Touch-Screen Farbdisplay, eingebauter Antennentuner und 100 Watt Sendeleistung. Die Eigenschaften und Funktionen des IC7300 wurden bereits in vielen Berichten beschrieben, nachfolgend sollen ausschließlich die wichtigsten HF-Eigenschaften getestet werden.

Empfänger

MDS (Minimum Discernible Signal)

Das MDS entspricht dem kleinsten detektierbarem Signal, das im Grundrauschen noch erfassbar ist. Legt man ein CW-Signal an den Empfängereingang, dessen Pegel das Grundrauschen des Empfängers am NF-Ausgang um +3dB anhebt, dann entspricht die Leistung des Signals nach $(S+N)/N = 2$ dem des Grundrauschens (Noise Floor). Die Messung kann unter CW (B=500Hz) durchgeführt werden, wobei der Empfänger auf den Überlagerungston abgeglichen wird. Für diese Messung benötigt man einen kalibrierten HF-Generator, eine Eichleitung und ein RMS-Voltmeter (**Bild 1**).

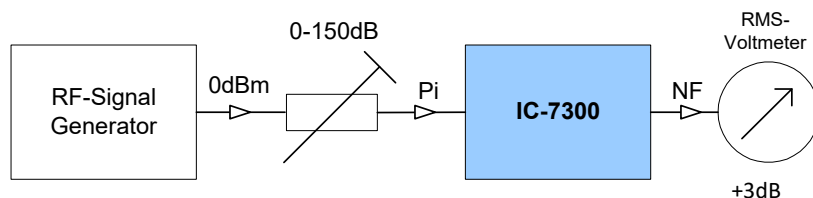


Bild 1: Messaufbau zur Ermittlung des MDS

Zunächst stellt man den NF-Ausgangspegel (Ueff) ohne Signal am Voltmeter auf relativ 0 dB ein. Mit angeschlossenem Signal vergrößert man anschließend die Dämpfung der Eichleitung soweit, bis die kumulierte NF-Ausgangsspannung am Voltmeter nur noch um den Faktor 1,414 ($20\log U_2/U_1 = 3\text{dB}$) ansteigt. Das MDS des Empfängers entspricht dann der eingestellten Dämpfung.

Settings am IC-7300: B=500Hz, CW, ATT off, NR off, NB off, Notch off, AGC-M, max. Gain

	3,6MHz	7,1MHz	14,1MHz	28,1MHz	50,1MHz	70,1MHz
P.AMP off	-132	-133	-134	-133	-132	-131
P.AMP 1 on	-141	-142	-142	-142	-141	-140
P.AMP 2 on	-142	-143	-143	-143	-142	-141
P.AMP off, IP+	-124	-125	-126	-125	-126	-127

Tabelle 1: MDS in dBm

Hinweise: Bei Aktivierung von IP+ reduziert sich die Empfindlichkeit um bis zu 8dB.

Reziprokes Mischen und Seitenbandrauschen (RMDR und SBN)

Reciprocal Mixing Dynamic Range (RMDR) und Sideband Noise (SBN) sind weitere, wichtige Kriterien zur qualitativen Beurteilung eines Receivers. Starkes SBN des Empfängers kann ein kleines Signal neben einem starken Signal "zudecken" und so einen empfindlichen Empfänger "taub" machen. Beim Abtastvorgang (A/D-Wandlung) mischt sich das Seitenbandrauschen des Taktgenerators auf das empfangene Signal mit auf (reziprokes Mischen) und kann damit zur Blockierung des Empfängers führen **(1)**. Trotz ausreichender Selektion können dadurch kleine Signale in der Nähe starker Signale vom Phasenrauschen des Taktgenerators (Oszillators) zugedeckt werden. Das Seitenbandrauschen des Taktgenerators sollte deswegen sehr gering sein.

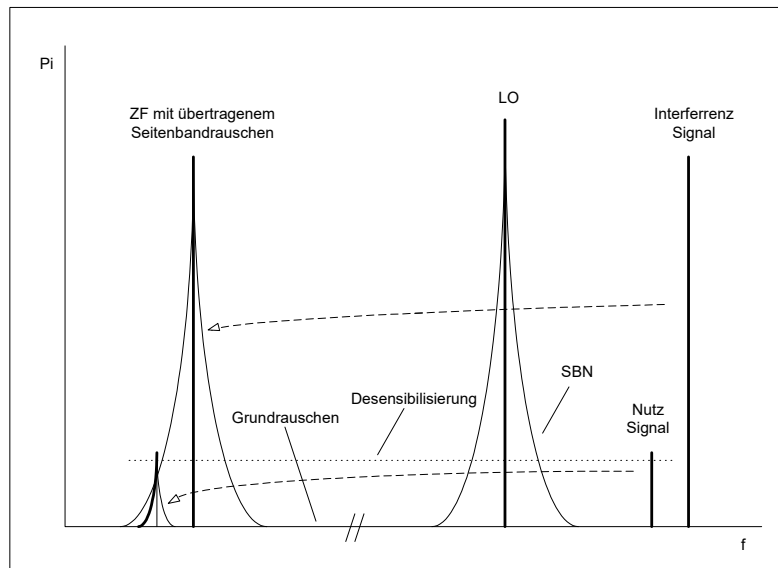


Bild 2: Dynamikreduktion durch reziprokes Mischen

Die Rauschamplituden auf beiden Seiten des Generators entstehen durch Phasenmodulation des Trägers mit stochastischen Rauschsignalen (Random Noise) wobei das Seitenbandrauschen nicht konstant über den Frequenzbereich verteilt ist, sondern vom Träger ausgehend mit ca. 9dB/Oktave abfällt. Aus diesem Grund muss definiert werden in welchem Abstand vom Träger das Seitenbandrauschen gemessen wird. SBN wird ebenso wie Grundrauschen in Leistung/Bandbreite (dBm/Hz) angegeben.

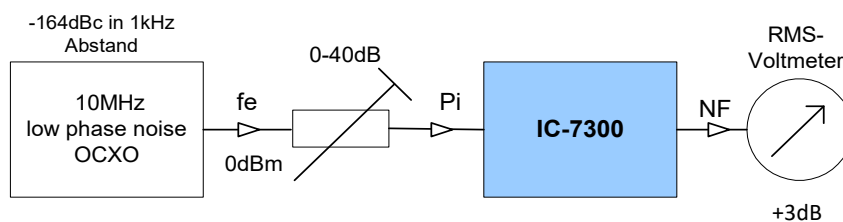


Bild 3: Aufbau für RMDR- und SBN-Messung

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 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 (leider) in beide Richtungen. Als quasi rauschfreies Testsignal verwende ich einen 10MHz OCXO von KVG mit einem SBN von -164dBc/Hz in 1kHz Abstand vom Träger.

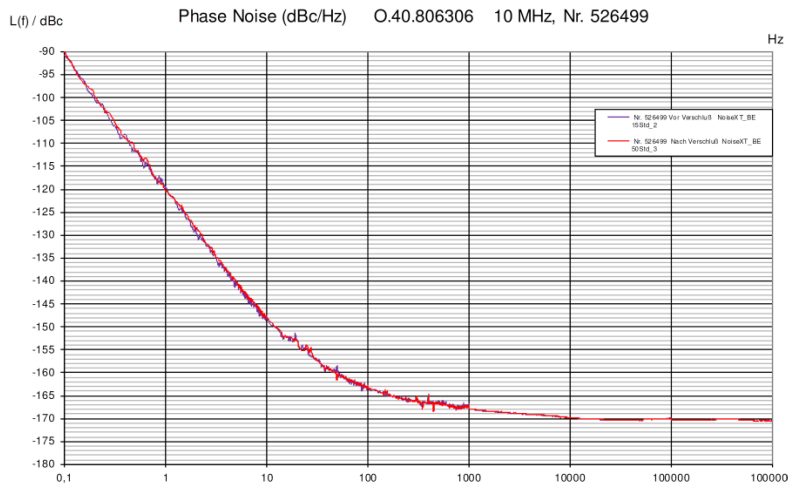


Bild 4: Verwendeter 10MHz-Testoszillator mit sehr geringem Phasenrauschen

Die Empfangsfrequenz wird zunächst auf $f_e = +/-1\text{kHz}$ eingestellt und der Signalpegel so weit erhöht, bis die NF-Ausgangsspannung um 3dB angestiegen ist. (Desensibilisierung). Im Beispiel erfolgt das bei $P_e = -33\text{dBm}$ in $\Delta f = 1\text{kHz}$. Der SBN-Pegel erreicht damit den Wert des Grundrauschens (MDS) von **-135dBm/500Hz**, d.h. ein rauschfreies -33dBm Eingangssignal desensibilisiert die Empfindlichkeit des Empfängers in **1kHz Trägerabstand** um **3dB**.

Daraus berechnet sich ein RMDR von

$$\text{RMDR} = P_i - \text{MDS} = -33\text{dBm} - (-135\text{dBm}) = 102\text{dB} \rightarrow \text{ICOM gibt hier } 98\text{dB an}$$

und ein SBN von

$$\text{SBN (Phase Noise)} = -(\text{RMDR} + 10\log B) = -(102\text{dB} + 10\log 500\text{Hz}) = -129\text{dbc/Hz}$$

Anschließend wird das SBN in größeren Entfernungen Δf zum Träger so Punkt für Punkt durchgemessen und graphisch aufgetragen (**Bild 5, Tabelle 2**). Je größer der Frequenzabstand, umso größer wird auch der erforderliche Pegel des Testsignals, die Grenze der RMDR/SBN-Messung wird kurz vor Saturation (OVF) des ADC erreicht.

Es gilt: Je größer das RMDR bzw. je kleiner das SBN umso besser ist der Empfänger.

Settings IC-7300: CW, B=500 Filter, preamp off, Att. off, NR off, NB off, AGC-M, IP+ off, RF Gain max

Offset kHz	Pi dBm	RMDR dB	SBN dBc/Hz
1	-33	102	-129
2	-29	106	-133
3	-28	107	-134
5	-24	111	-138
10	-19	116	-143
20	-15	120	-147
30	-12	123	-150
40	ADC Clip!		

Tabelle 2: RMDR und SBN (Phase Noise) in Abhängigkeit von Delta f und Pi, MDS = -135dBm/500Hz

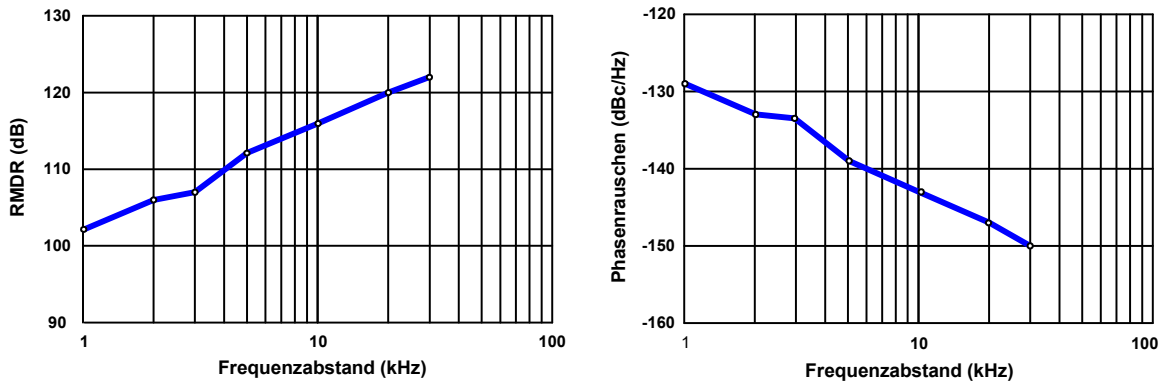


Bild 5: Verlauf von RMDR und Phasenrauschen

Bei guten Empfängern sollte die bis zur Desensibilisierung (Zustopfen) verarbeitbare Eingangsleistung (Pi) im Trägerabstand von $\Delta f=1\text{kHz}$ mindestens den Wert der oberen Aussteuergrenze erreichen, bei dem die ersten Intermodulationsstörungen (IMD3) auftauchen, ansonsten bestimmt das SBN das Großsignalverhalten des Empfängers. Beim IC-7300 wird dies eingehalten, wie nachfolgend gezeigt wird.

IMD₃-Test, Intermodulation und Dynamik

Zur Bestimmung der IMD3-Festigkeit, verwendet man standardmäßig ein HF 2-Ton Signal (**Bild 6**) (2). Zwei gleich große HF-Signale, die in geringem Frequenzabstand zueinander stehen ($f_1=14,100\text{MHz}$, $f_2= 14,102\text{MHz}$) werden auf den HF-Eingang des Empfängers gegeben und deren Pegel so weit erhöht, bis die unerwünschten IMD₃-Störungen bei $2 \times f_1-f_2$ und $2 \times f_2-f_1$ gleich groß ist wie das Grundrauschen, also um genau 3dB über dem Grundrauschen liegen. Die Differenz zwischen Eingangspegel (Pi) und Grundrauschen (MDS) ergibt dann den IMD-freien Dynamikumfang (DR_3) des Empfängers. Diesen Wert bezeichnet man auch als IFSS (Interference Free Signal Strength).

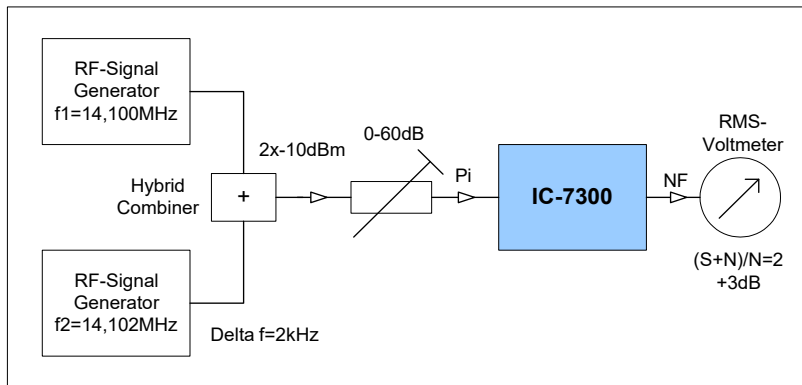


Bild 6: Testaufbau für IND3-Messung

Anders als bei analog aufgebauten Empfängern, wachsen die IMD₃-Produkte bei Pegelvergrößerung nicht mit 3-facher Geschwindigkeit, sondern verlaufen in einer Kurvenform. Das erste DR₃-Produkt mit 3dB über dem Rauschen entsteht bei

$$DR_3 = P_i - MDS = -57\text{dBm} - (-134\text{dBm}) = 77\text{dB} \text{ (blaue Kurve)}$$

Anschließend wird das 2-Ton Signal in 1dB-Stufen bis hin zur Begrenzung (Clipping) des Empfängers vergrößert und die dabei jeweils entstehenden IMD₃-Pegel notiert, woraus die IMD₃-Kurve (blaue Kurve) in **Bild 7** resultiert.

Nach Aktivierung von "IP+", entsteht im ADC ein Dithering/Random, wodurch die IM-Produkte de-korrelieren und im Rauschen verschwinden und der Empfänger eine Dynamik erreicht von

$$DR_{3 \text{ IP+}} = P_i - MDS = -35\text{dBm} - (-126\text{dBm}) = 91\text{dB} \text{ (grüne Kurve)}$$

Nachteil: Das Grundrauschen des Empfängers vergrößert sich durch IP+ um 8dB (s. Tabelle 1). Die höchste IMD₃-Dynamik entsteht erst im sog. „Sweet Spot“, bei einem Pegel von Pi=2x-21dBm.

$$DR_{3 \max} = P_i - IMD = -20\text{dBm} - (-118\text{dBm}) = 98\text{dB} \text{ (blaue Kurve, roter Punkt)}$$

Settings IC-7300: CW, BW 500Hz, Notch off, NB off, NR off, AGC off, IP+ on/off

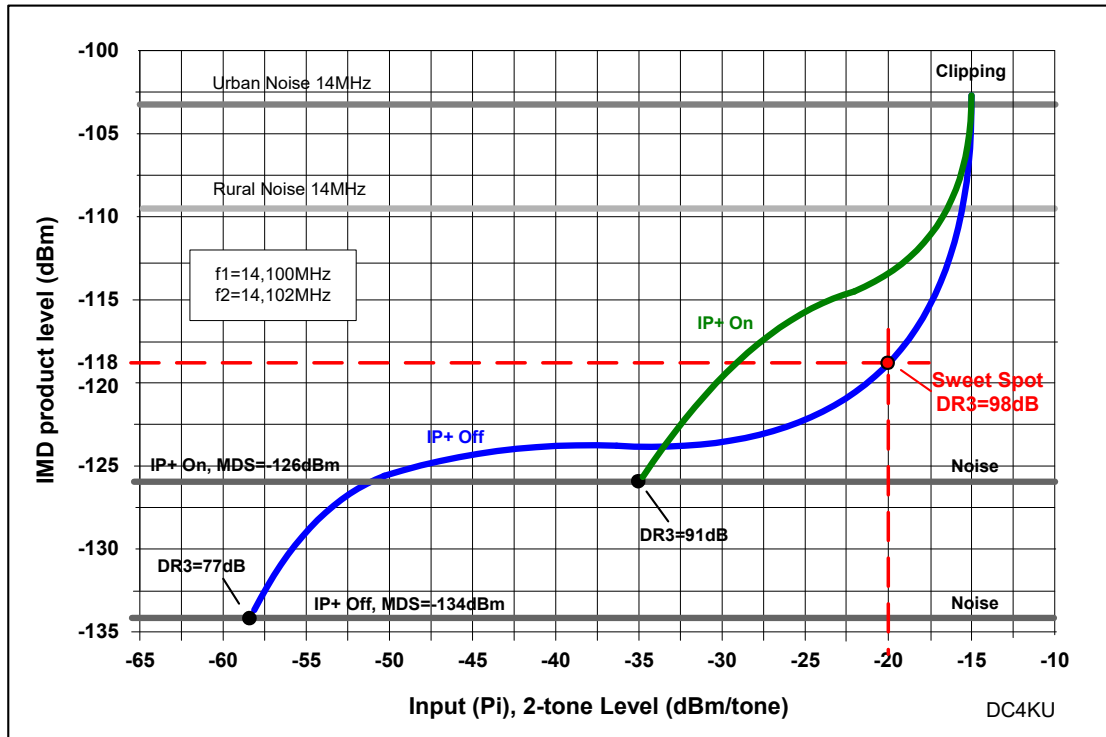


Bild 7: Dynamik in Abhängigkeit zur Aussteuerung (Pi), mit IP+ On/Off

Mit angeschlossener Antenne, verlaufen alle Messkurven unterhalb der Rural- und Urban Noise-Linie (3), d.h. die Verzerrungsprodukte liegen stets unterhalb des Empfänger-Grundrauschens. Ein Intercept-Point 3. Order (IP3) kann aus den Kurven nicht ermittelt werden, weil bei A/D-Wandlern kein IP3 existiert.

Im analogen Eingangsteil des IC-7300 befinden sich lediglich einige Bandpaßfilter, Relais und zwei zuschaltbare Vorverstärker. Hierbei ist es ICOM offensichtlich gelungen, die Bandpaßfilter so aufzubauen, dass sie keine zusätzliche Intermodulation erzeugen.

OVF (ACD-Clip)

Bei diesem Test wird der Empfänger 25kHz oberhalb oder unterhalb des Sendersignals eingestellt und der Pegel soweit vergrößert, bis die **OVF-Anzeige** (Overload) aufleuchtet (Tabelle 3). Der Empfänger kann nur von Signalen übersteuert werden, die außerhalb der Empfangsfrequenz liegen, weil ansonsten die automatische Regelung (AGC) das Signal herunter dämpfen würde.

Settings am IC-7300: Abstimmung auf 14,200MHz, Testsignal bei 14,225MHz, CW 500Hz

	OVF Clip level
P.AMP off	-8 dBm
P.AMP off, IP+	-8 dBm
P.AMP 1 on	-24 dBm
P.AMP 2 on	-28 dBm
Attenuation on	+10 dBm

Tabelle 3: ADC Clip Level

Was tun, wenn OVF aufleuchtet?

Die Übersteuerung eines Empfängers entsteht im Regelfall nicht durch ein großes Einzelsignal, sondern durch die Summe aller empfangenen Signale, die durch Zufall den Clipping-Level, hier von -8dBm (0,16mW, 90mVeff), erreicht. Für einen kurzen Moment wird der ADC bis an seine Grenze ausgereizt, was durch das Aufleuchten der OVF-LED angezeigt wird. Superheterodyn-Empfänger besitzen solche Anzeigen nicht, die Übersteuerung des 1. Mischers beginnt schon relativ früh und wird vom Anwender meist gar nicht bemerkt.

Eine kurzzeitige Übersteuerung des IC-7300 ist nicht so problematisch wie es zunächst erscheint und der Empfang wird dadurch auch nicht beeinflusst. Zunächst sollte man überprüfen, ob der Receiver mit einem Vorverstärker (P.AMP) arbeitet und falls ja, sollte man diesen abschalten. Auf den Bändern 160...20m sollte man überhaupt keinen Vorverstärker verwenden, weil das produzierte Rauschen der Antenne auf diesen Frequenzen noch erheblich über dem niedrigen Grundrauschen des IC-7300 liegt und eine Erhöhung der Empfindlichkeit überhaupt nichts bringt, außer den ADC mit überhöhten Signalen zu quälen **(3)**. Eine weitere Möglichkeit zur Verhinderung einer Übersteuerung, besteht in Reduzierung der RF-Gain, indem man das Poti "RF/SQL" ein paar Millimeter nach links dreht. Im Bildschirm erscheint dann der Hinweis "RFG" (Reduced RF-Gain).

Was bewirkt IP+?

Durch Aktivierung von IP+ im ADC, lässt sich die Linearität und IMD-Dynamik des Empfängers verbessern. Hierbei wird dem ADC ein Rauschsignal (Dither) zugeführt, so dass er seinen optimalen Arbeitsbereich schon früher erreicht. Allerdings verliert der Empfänger dadurch auch ca. 8dB an Empfindlichkeit. Ob man mit IP+ arbeitet oder nicht, hängt von den Bedingungen ab. Im praktischen Betrieb, habe ich bei Aktivierung von IP+ nur geringe Unterschiede bezüglich der IM-Festigkeit feststellen können. Der Grund wird wohl auch darin liegen, dass der Empfänger schon über die KW-Antenne genügend stark mit Rauschen versorgt wird und ein IP+ deswegen nicht mehr erforderlich ist. Bei einem Contest, mit sehr guten Bedingungen und Verwendung einer leistungsstarken KW-Antenne, kann die IP+ Funktion aber Vorteile bringen und sollte dann auch aktiviert werden. Die Linearität des IC-7300 am Beispiel einer 2-Ton-Messung zeigt das Spektrum in **Bild 8**. Die erzeugten Signale mit $2 \times -15\text{dBm}$ übersteigen den Referenzpegel (oberste Linie im Spektrum) um 15dB und IMD3-Störprodukte sind im Rauschen noch nicht erkennbar. Daraus folgt eine verzerrungsfreie Dynamik von $80\text{dB} + 15\text{dB} = 95\text{dB}$. Der Empfänger zeigt das gleiche Ergebnis mit und ohne IP+.

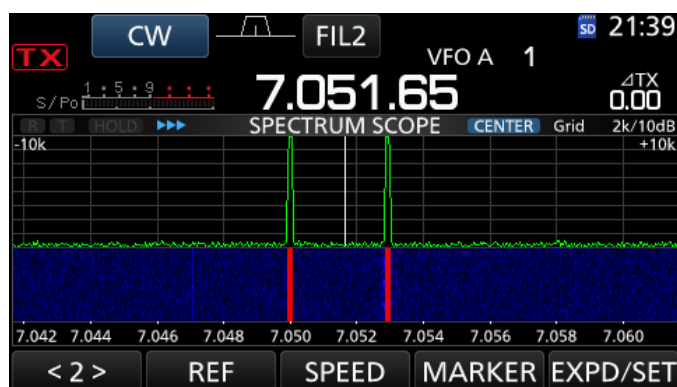


Bild 8: Linearität des IC-7300

Noise Power Ratio (NPR)

Bei der NPR-Messung, wird der Empfänger anstelle von zwei HF-Signalen mit weißem Rauschen über eine definierte Bandbreite von z.B. 5MHz belastet. Ein scharfes und schmalbandiges Notchfilter (Kerbfiler) filtert an einer Stelle, im Beispiel bei 2,4MHz, das Rauschen vollständig aus, so dass der Empfänger an dieser Stelle kein Rauschsignal empfängt und mit seiner normalen Empfindlichkeit arbeitet. Anschließend wird das Rauschsignal soweit erhöht, bis sich im Sockel des Kerbfilters eine geringe Signalerhöhung über dem Grundrauschen zeigt, bei SDR-Empfängern mit einem ADC im

Eingang erfolgt dies kurz vor Saturation (OVL). Die Differenz von eingespeister Rauschleistung (P_{TOT}) zur Empfindlichkeit (MDS) des Empfängers entspricht dann dem Noise Power Ratio (**4**).

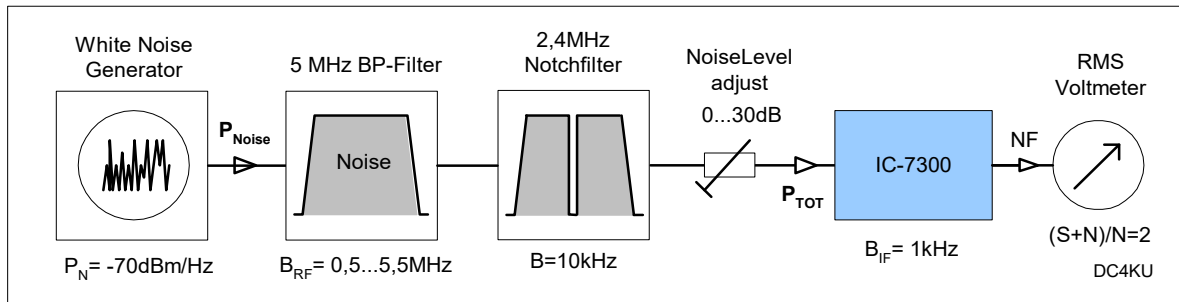


Bild 9: NPR-Messaufbau

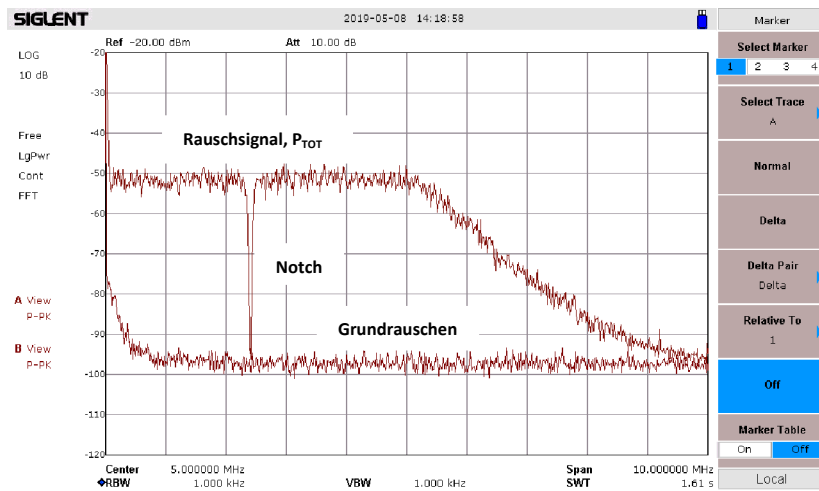


Bild 10: Signal am Ausgang des NPR-Messplatzes, gemessen mit einem Spektrumanalysator

Settings IC-7300: ATT off, RF Gain max, Peamp off, IP+ off, NB off, NR off, Notch off, CW, B=500Hz

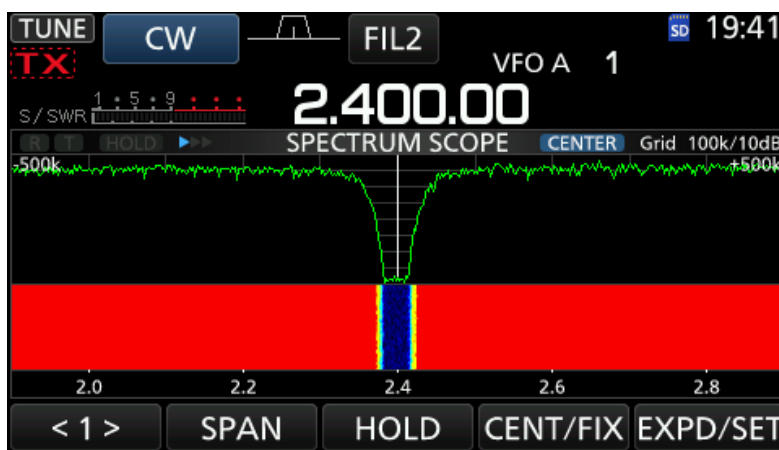


Bild 11: NPR-Spektrum mit Notchfilter im Display des IC-7300

Bei einem Rauschpegel (B_{RF}) von -15dBm/5MHz Rauschbandbreite = -55dBm/500Hz, befindet sich der Empfänger kurz vor OVF (Saturation) und erreicht seinen maximalen NPR. Mit einer Empfindlichkeit von -131dBm/500Hz ergibt sich daraus ein Noise Power Ratio von

$$NPR = P_{TOT} - MDS = -55dBm - (-131dBm) = 76dB$$

Der IC-7300 erreicht damit einen sehr guten NPR-Wert, vergleichbar mit den Ergebnissen sehr hochwertiger SDR-Receiver.

Sender

HF-Ausgangsleistung des Senders

Zur Bestimmung der HF-Ausgangsleistung, legen wir ein 1 kHz-Sinussignal (CW-Signal) an den Mikrofoneingang und messen die HF-Ausgangsleistung (P_a) über ein 40dB-Dummy-Load mit einem kalibrierten Spektrumanalysator (P_s).

$$P_a = P_s + 40\text{dB (Dummy Load)}$$

Bild 12 zeigt die Leistungsmessung bei 14,2MHz.

$$P_a = 10,07\text{dBm} + 40\text{dB} = 50,07\text{dBm} = 101,6\text{Watt}$$

Settings IC-7300: SSB 2,4kHz, RF Power 100%, Mic Gain 20%, Comp 2, Versorgung 13,8VDC

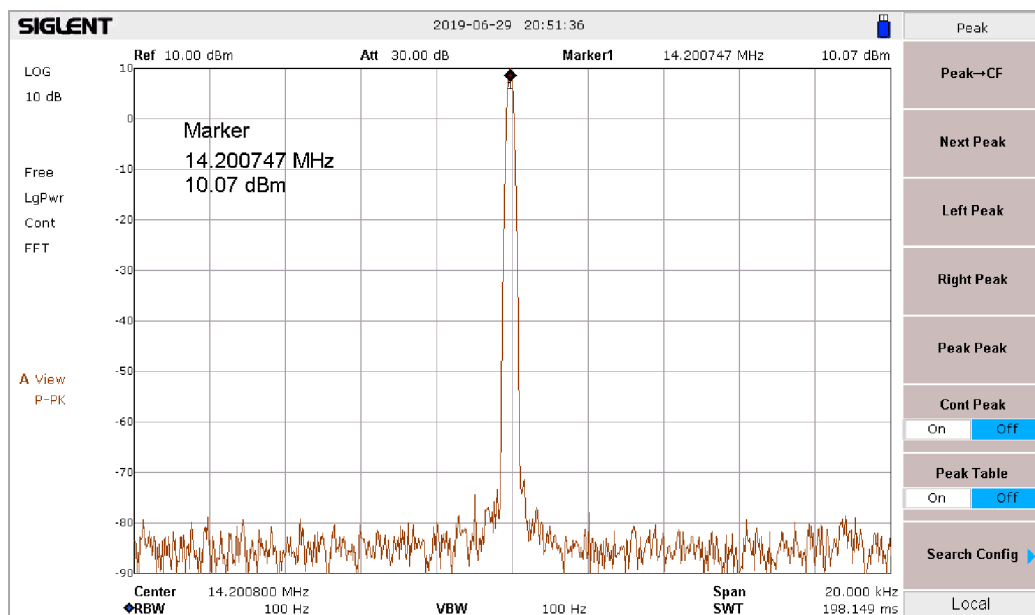


Bild 12: Maximale HF- Ausgangsleistung im 20m-Band

Frequenz	P_a , Watt
3,6 MHz	101,4
14,1 MHz	101,6
28,3 MHz	102,5
51 MHz	98,7

Tabelle 4: Maximale HF-Ausgangsleistung auf den verschiedenen Bändern

Intermodulation der Endstufe

Zur Messung der Intermodulation der MOSFET-Endstufe, verbinden wir den Mikrofoneingang mit einem NF 2-Ton-Generator ($f_1=700\text{Hz}$, $f_2=1500\text{Hz}$) und stellen die Mikrofonspannung so ein, dass der Sender eine PEP-Ausgangsleistung von 100 Watt erreicht (**Bild 13**) (5). Da der Sender jetzt mit zwei gleich großen, dicht benachbarten Sinus-Signalen angesteuert wird, kommt es zu einer Schwebung, bei der sich die Signale addieren oder auslöschen (**Bild 14**). Die mittlere Leistung des Senders erreicht deswegen nicht 100Watt sondern nur $2 \times 25\text{Watt} = 50\text{Watt}$ und die Pegel der HF-Signale liegen 6dB unterhalb der maximalen Leistung des Senders von 100Watt. Erst im Schwebungsmaximum entsteht die doppelte Spannung und damit die vierfache Leistung eines Einzeltons und erst jetzt erreicht der Sender seine maximale Leistung von 100Watt PEP. Verwendet man ein externes Wattmeter, sollte

man darauf achten, ob das Wattmeter in Average oder PEP kalibriert ist. Ist das Wattmeter auf Average eingestellt, zeigt es bei dieser Messung nicht den Spitzenwert von 100Watt an, sondern nur 50 Watt.

Settings am IC-7300: Modulation 700Hz +1500Hz, SSB, B= 2,4kHz, RF Power 100%, Mic Gain 20%, Comp 1, Versorgung 13,8VDC, Frequenz: 3,6MHz, 14,1MHz, 28,1MHz und 50,1MHz

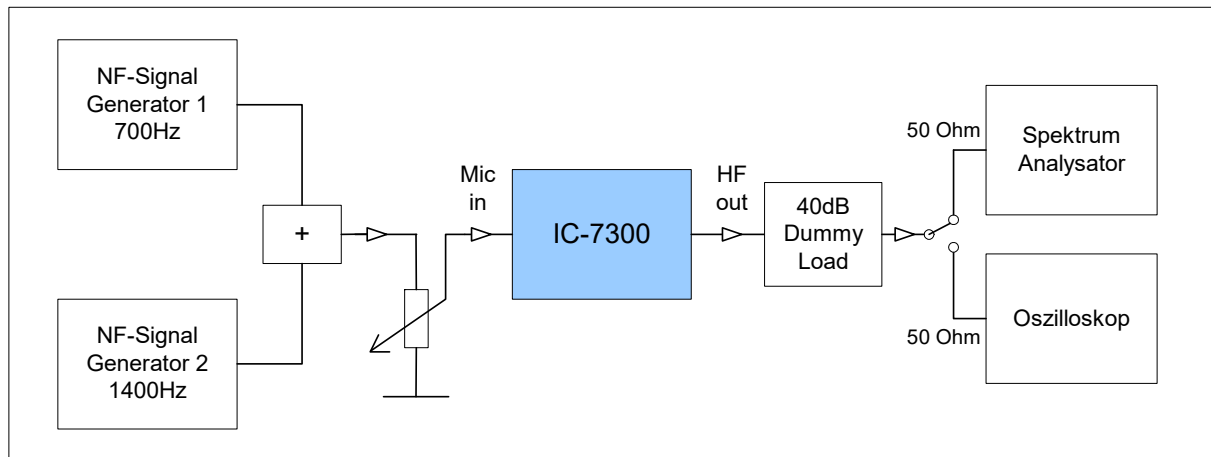


Bild 13: Messaufbau für Sender-Intermodulation

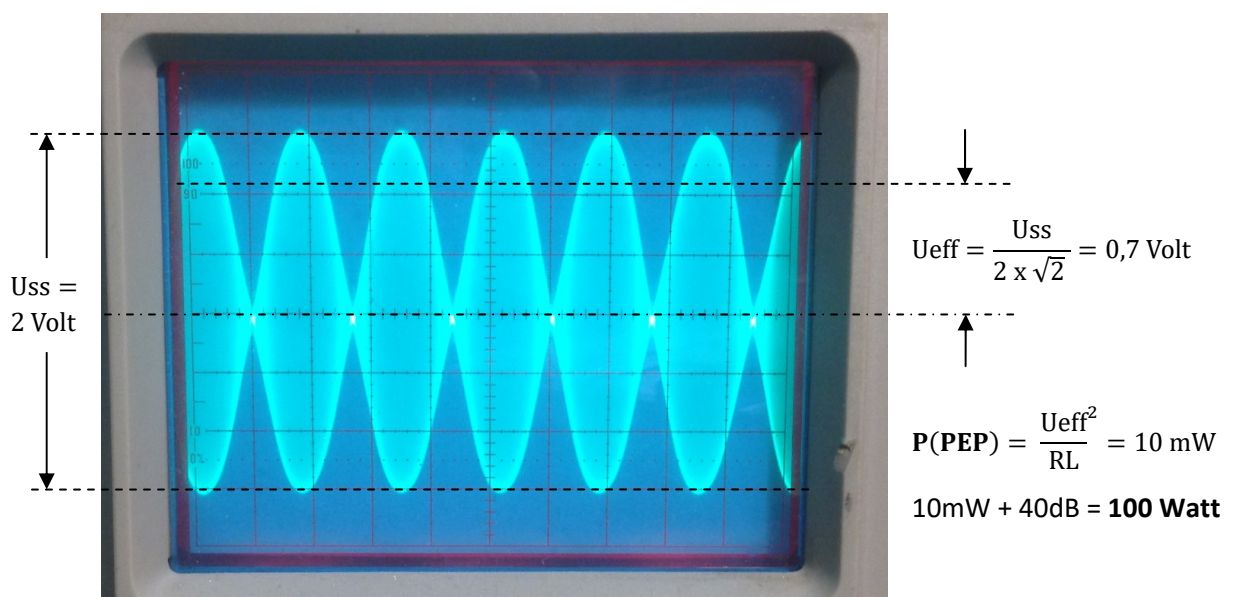


Bild 14: HF 2-Ton-Signal mit 100 Watt PEP am Scope im Zeitbereich, gemessen bei 14,1MHz

Bilder 15 bis 17 zeigen die entstehende Intermodulation des Senders auf 3,6, 14,1 und 28,1 MHz. Gute Transmitter unterdrücken die IMD3-Produkte bei Vollausteuern um mehr als 25dBc und die IM-Produkte höherer Ordnung sollten relativ schnell abfallen, damit die Nachbarkanäle nicht gestört werden. Bei einem IMD3-Abstand von nur 20dBc, würde sich das demodulierte Signal schon relativ hart und verzerrt anhören, der Klirrfaktor eines SBS-Signals würde bereits 10% betragen. **Tabelle 5** zeigt die ermittelten IMD3-Abstände bei 100W PEP auf den verschiedenen Frequenzen.

Frequenz	3,6 MHz	14,1 MHz	28,1 MHz	50,1MHz
IMD3-Abstand	43dBc	38dBc	30dBc	25dBc

Tabelle 5: IMD3-Messergebnisse auf unterschiedlichen Bändern

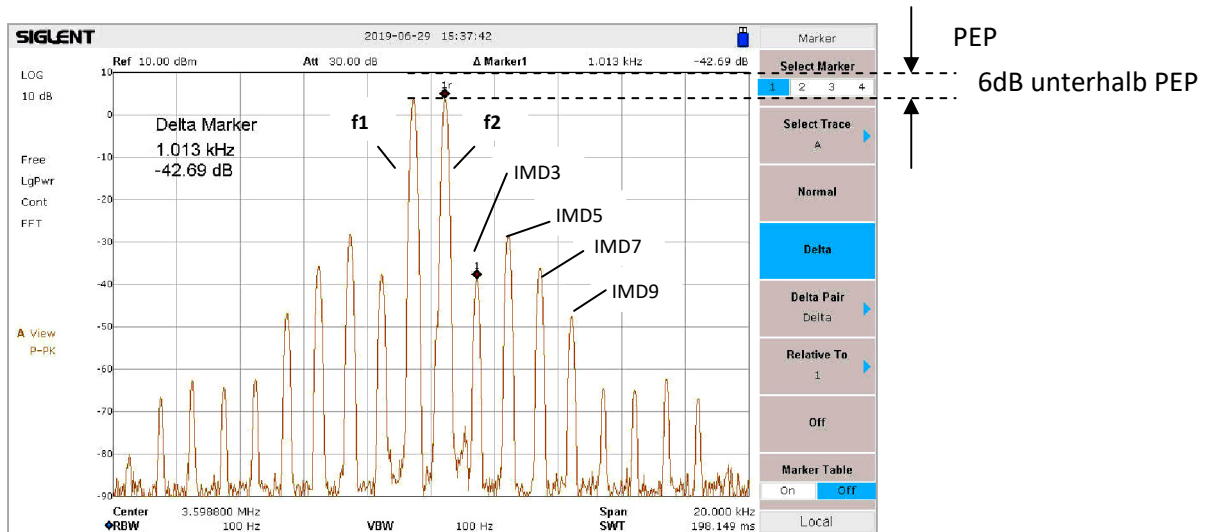


Bild: 15 IMD auf 3,6MHz: IMD3=42,6dBc, IMD5=32dBc, IMD7=40dBc, IMD9=50dBc

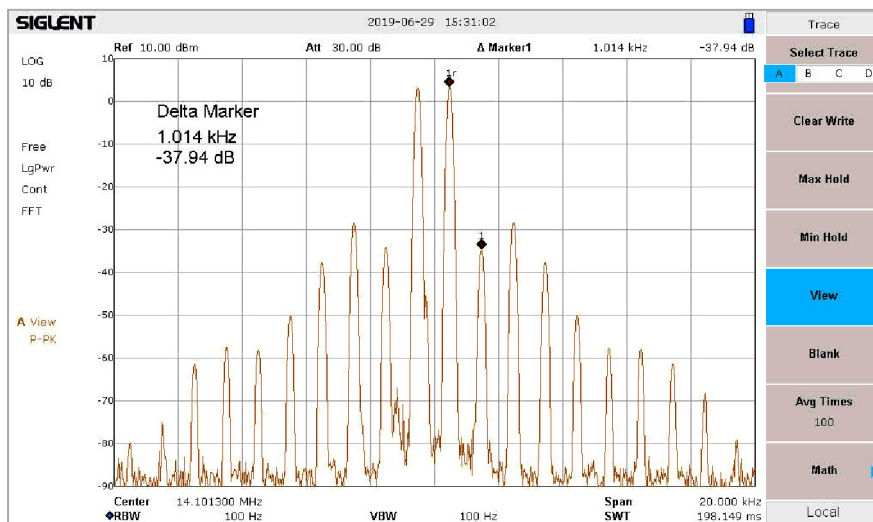


Bild 16: IMD auf 14.1MHz, IMD3 = 37,94dBc

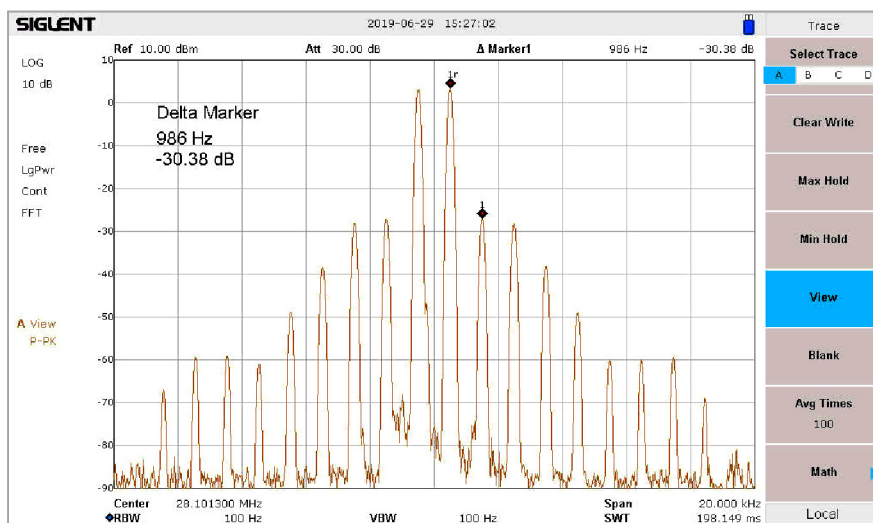


Bild 17: IMD auf 28.1MHz, IMD3 = 30,38dBc

Oberwellenunterdrückung des Senders

Den Sender mit einem NF-Signal (f_1) auf maximale HF-Ausgangsleistung abstimmen und die Unterdrückung der 1. Oberwelle (2. Harmonische) ($2f_1$) mit einem Spektrumanalysator messen. Zwischen Senderausgang und Spektrumanalysator wird hierzu ein 60dB Dämpfungsglied geschaltet. Ein Meßpegel von -10dBm am Analysator (**Bild 18**) entspricht dann einer Ausgangsleistung von 100Watt. Bei Oberwellenmessungen muß man darauf achten, dass der Spektrumanalysator selbst keine Oberwellen erzeugt, die das Ergebnis verfälschen könnten. Der Oberwellenabstand des verwendeten Analysators muß bei diesen Messungen mindestens 80dBc betragen (**6**).

Settings am IC-7300: NF Signal 1000Hz, SSB 2,4kHz, RF Power 100%, Mic Gain 20%, Versorgung 13,8VDC, HF-Ausgangsleistung 100Watt

Frequenz, f_1	Unterdrückung 1. Oberwelle bei $2f_1$
3,7 MHz	80 dBc
7,1MHz	77 dBc
14,1 MHz	81 dBc
28,3 MHz	68 dBc
50,1 MHz	78 dBc

Tabelle 6: Oberwellenunterdrückung auf den verschiedenen Bändern

Settings Analysator: Attenuation 25dB, Span 1,8 - 8MHz, Res 100Hz

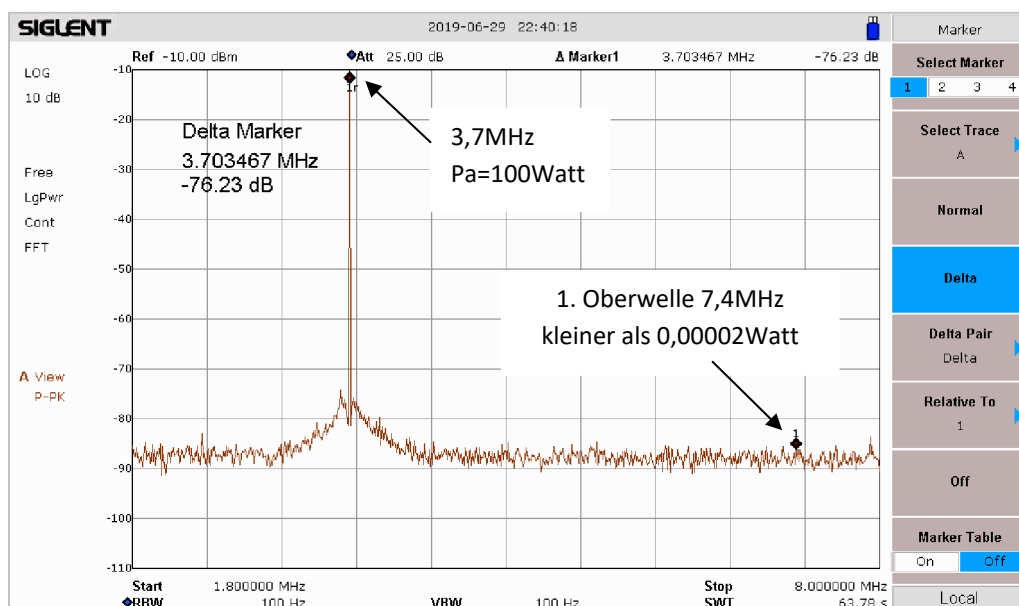


Bild 18: Die Oberwelle von 3,7MHz ist im Spektrum nicht mehr erkennbar, liegt unter 0,02 mW

Ergänzungen

Sender 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 Grenzepfindlichkeit (MDS) erreicht. Die IMD2-freie Dynamik des Receivers beträgt dann

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

woraus sich ein IP2 berechnet zu

$$\text{IP2} = (2 \times \text{DR2}) - \text{MDS}$$

Settings: f1=6,1MHz, f2=8,1MHz, fe=14,2MHz, CW, B=500Hz, Preampl. Off

	MDS, f=14.2MHz	Pi dBm	DR2 dB	IP2 dBm
IP+ Off	-134 dBm	-45 dBm	89 dB	+44 dBm
IP+ On	-126 dBm	-22 dBm	104 dB	+82 dBm

Tabelle 7: DR2-Messung bei $f_e = f_1 + f_2 = 14,2\text{MHz}$

Sender Seitenband-Rauschen (TX-SBN)

Das produzierte Seitenbandrauschen des Senders wurde im 40m Band über 7.07MHz +/-1kHz Quarzfilter gemessen. Ein Spektrumanalysator wird auf die die Mittenfrequenz des Filters abgeglichen (7.07MHz) und das CW-Signal des Senders auf einen definiertem Abstand dazu eingestellt, auf $f_s = +5\text{kHz}$ (7.075MHz), $+10\text{kHz}$ (7.08MHz), $+20\text{kHz}$ (7.09MHz), $+50\text{kHz}$ (7.12MHz) und $+100\text{kHz}$ (7.17MHz), mit einer HF-Ausgangsleistung von 100 und 30Watt. Bei diesen Abständen wird das Sendesignal massiv unterdrückt und nur das Rauschband bei 7.07 MHz +/-1kHz durchgelassen. Der Analysator wird auf seine höchste Empfindlichkeit von $<-160\text{dBm/Hz}$ eingestellt, indem die Dämpfung auf 0dB reduziert wird und zusätzlich der +20dB HF-Vorverstärker eingeschaltet wird.

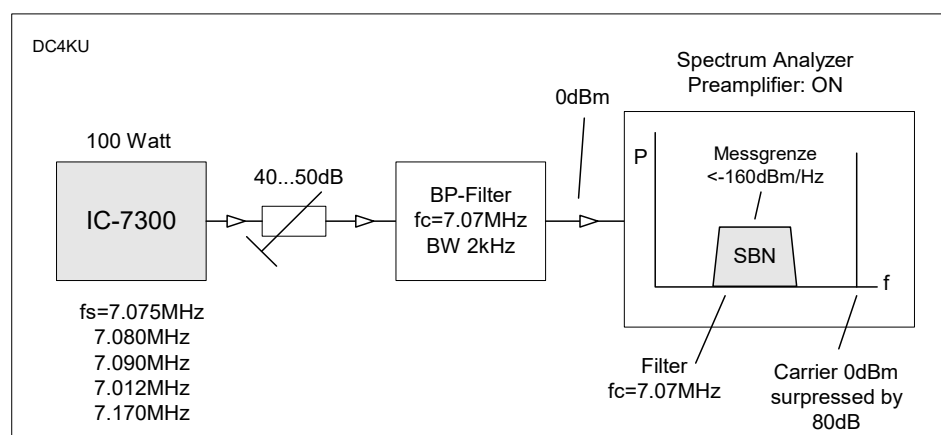


Bild 19: Messaufbau für Sender SBN-Messungen im 40m-Band mit einem Spektrum Analysator

Das resultierende TX Seitenbandrauschen des IC-7300, in Abständen von 5 bis 100 KHz zum Träger, mit HF-Ausgangsleistungen von 100 und 30 Watt, zeigt nachfolgende Tabelle:

Transmit Composite Noise, 100 Watt

Offset (kHz)	5 kHz	10 kHz	20 kHz	50 kHz	100 kHz
SBN (dBm/Hz)	-130dBm/Hz	-129dBm/Hz	-127dBm/Hz	-133dBm/Hz	-130dBm/Hz

Transmit Composite Noise, 30 Watt

Offset (kHz)	5 kHz	10 kHz	20 kHz	50 kHz	100 kHz
SBN (dBm/Hz)	-118 dBm/Hz	-116 dBm/Hz	-115 dBm/Hz	-123 dBm/Hz	-123 dBm/Hz

Als Beispiel zeigt **Bild 20** die SBN-Messung des IC-7300 im Abstand von 5 kHz zum Träger, bei einer Ausgangsleistung von 100 Watt.

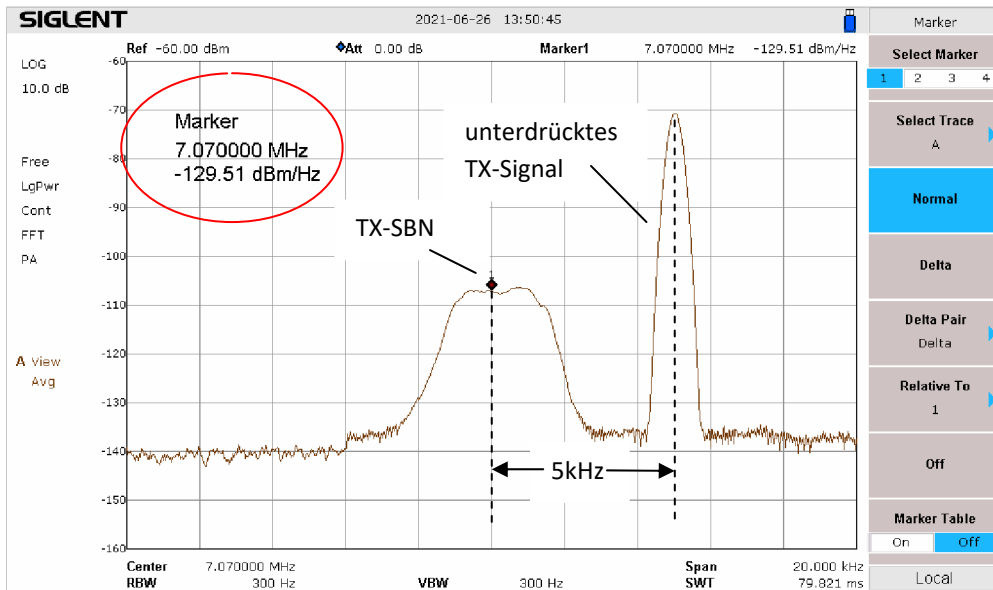


Bild 20: SBN-Messung in 5 kHz Offset zum Träger bei Pa=100 Watt, SBN = -129.5dBm/Hz

Die TX-Kurvenverläufe des kumulativen Rauschens über der Frequenz, mit 100 Watt und 30 Watt Sendeleistung, zeigt **Bild 21**. Zum Vergleich, wurde SBN-Kurve der Empfänger (grün) mit eingezeichnet. Erst jetzt wird deutlich erkennbar, wie relativ stark das Amplituden-Rauschen des Senders ist. Das erzeugte TX-Rauschen liegt 20dB bis 30dB oberhalb des RX-Rauschens, wodurch die Empfindlichkeit nah benachbarte Empfänger (Field Day) im gleichen Band beeinflusst werden kann, indem kleine Signale vom Rauschen des Senders zugedeckt werden. Weitere Infos hierzu unter **(7)**.

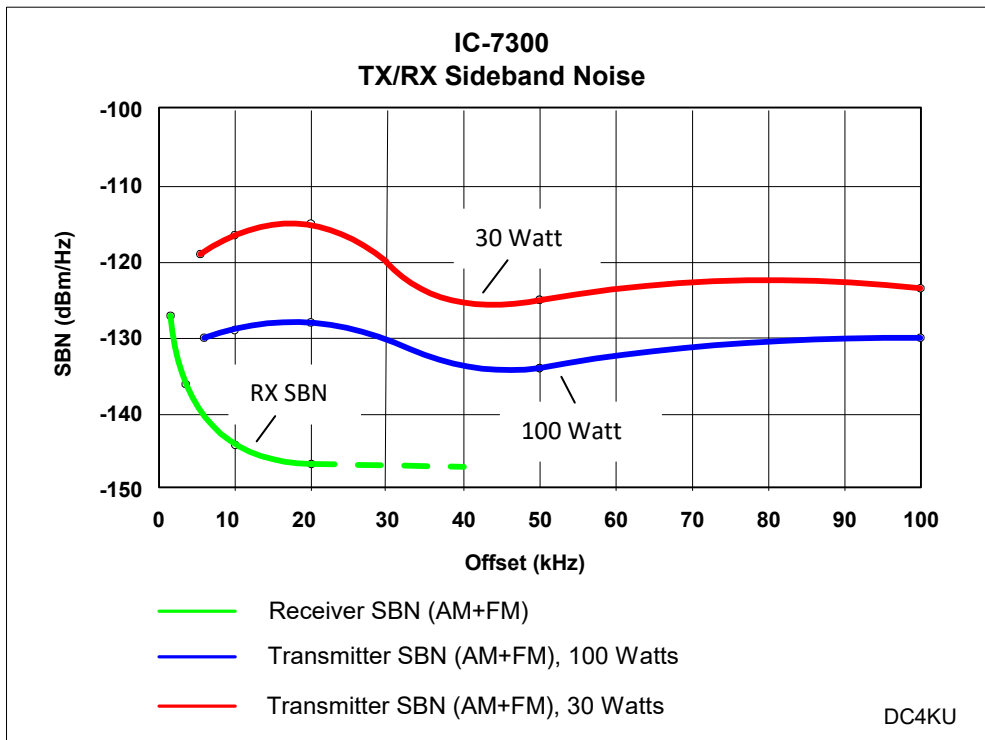


Bild 21: IC-7300, SBN-Verlauf des Empfängers (grün) und des Senders (blau und rot)

Literatur

(1) Messung des Seitenbandrauschens von Empfängern und Oszillatoren

<https://dc4ku.darc.de/Messung-Seitenbandrauschen.pdf>

(2) HF 2-Ton-Generator für IM3-Messungen

<https://dc4ku.darc.de/HF-Zweitton-Generator.pdf>

(3) Antennenrauschen im KW-Bereich

https://dc4ku.darc.de/Antennenrauschen_im_Kurzwellenbereich.pdf

(4) NPR-Messung

<https://dc4ku.darc.de/Noise-Power-Ratio.pdf>

(5) NF 2-Ton-Generator mit Wien-Robinson-Brücke

https://dc4ku.darc.de/NF-Doppelton-Generator_mit_Wien-Robinson-Bruecke.pdf

(6) IM3-Festigkeit eines HF 2-Ton-Generators

<https://dc4ku.darc.de/IM3-Festigkeit-eines-HF-2-Tongenerators.pdf>

(7) Sender Seitenband-Rauschen

https://dc4ku.darc.de/Transmitter-Sideband-Noise_DC4KU.pdf

Werner Schnorrenberg

DC4KU

17.07.2019, Rev. 6/2021