

## IC-7300 - Test

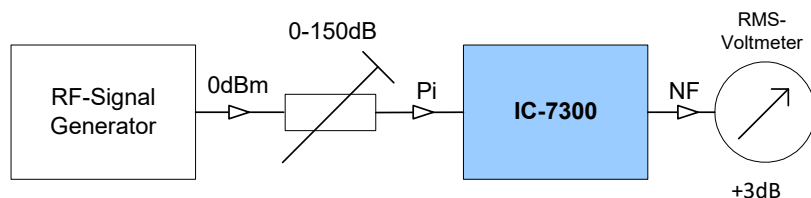


Der IC-7300 ist ein moderner, direkt abtastender KW/50/70MHz-Transceiver und zeichnet sich durch folgende Besonderheiten aus: HF-Direktabtastung, Echtzeit-Spektrumskop, RMDR 97dB in 1kHz Abstand, IP+ Funktion, Touch-Screen Farbdisplay, eingebauter Antennentuner und 100 Watt Sendeleistung. Die Eigenschaften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

### Receiver

#### 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**

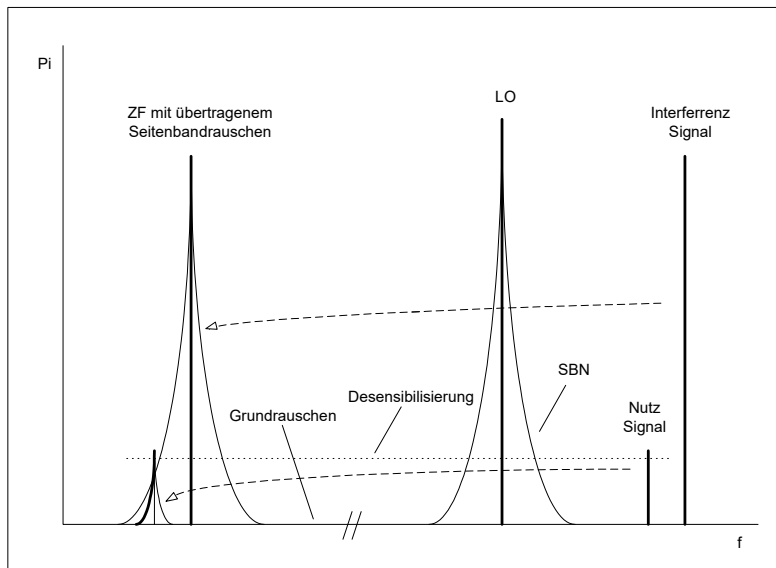
	3,6MHz	7,1MHz	14,1MHz	28,1MHz	50,1MHz	70,1MHz
P.AMP off	-132	-133	-134	-133	-132	-131
P.AMP 1 on	-141	-142	-142	-142	-141	-140
P.AMP 2 on	-142	-143	-143	-143	-142	-141
P.AMP off, IP+	-124	-125	-126	-125	-126	-127

**Tabelle 1: MDS in dBm**

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

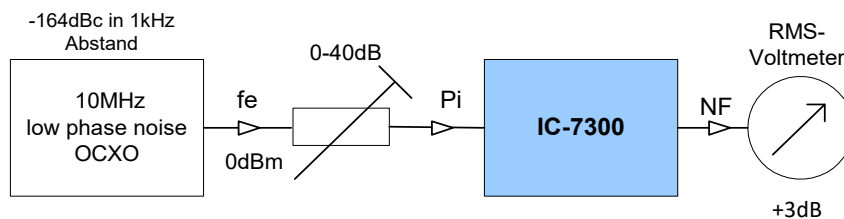
## Reziprokes Mischen und Seitenbandrauschen (RMDR und SBN)

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.



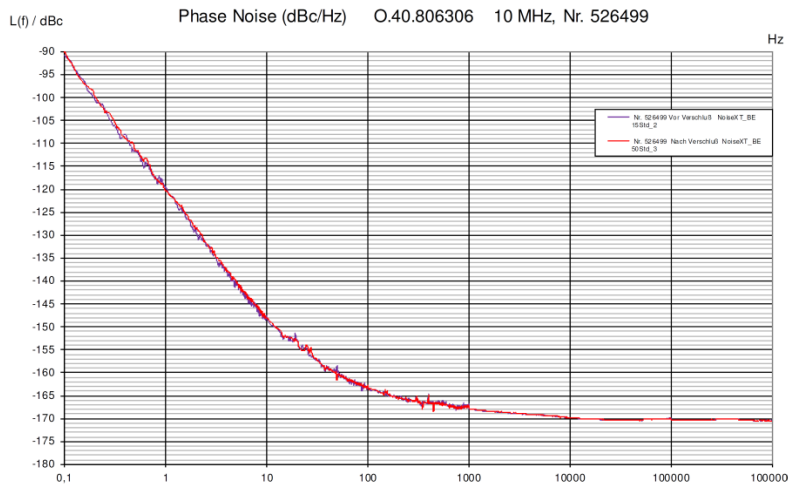
**Bild 2: Dynamikreduktion durch reziprokes Mischen**

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

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

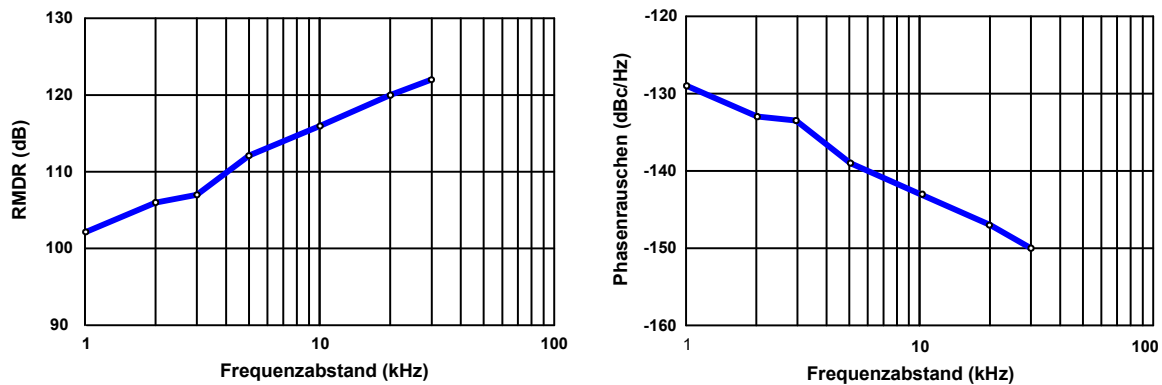
Anschließend wird das SBN in größeren Entfernungen  $\Delta f$  zum Träger so Punkt für Punkt durchgemessen und graphisch aufgetragen (**Bild 5, Tabelle 2**). Je größer der Frequenzabstand, umso größer wird auch der erforderliche Pegel des Testsignals, die Grenze der RMDR/SBN-Messung wird kurz vor Saturation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

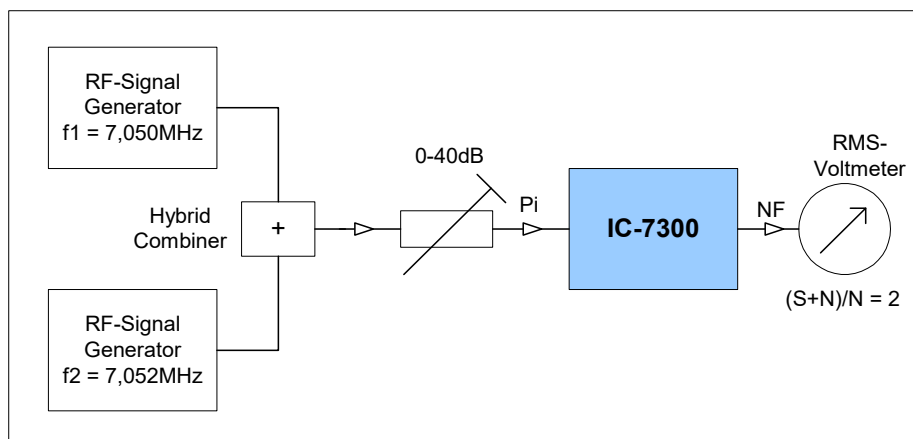


**Bild 5: Verlauf von RMDR und Phasenrauschen**

Bei guten Empfängern sollte die bis zur Desensibilisierung (Zustopfen) verarbeitbare Eingangsleistung ( $P_i$ ) 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.

### Intermodulation (IMD3)

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 ( $f_1=7,050\text{MHz}$ ,  $f_2 = 7,052\text{MHz}$ ), werden auf den HF-Eingang des Empfängers gegeben und deren Pegel so weit erhöht, bis die unerwünschten  $IM_3$ -Störungen bei  $2xf_1-f_2$  und  $2xf_2-f_1$  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 IMD-freien Dynamikumfang (ID3) des Empfängers. Diesen Wert bezeichnet man auch als IFSS (Interference Free Signal Strength).

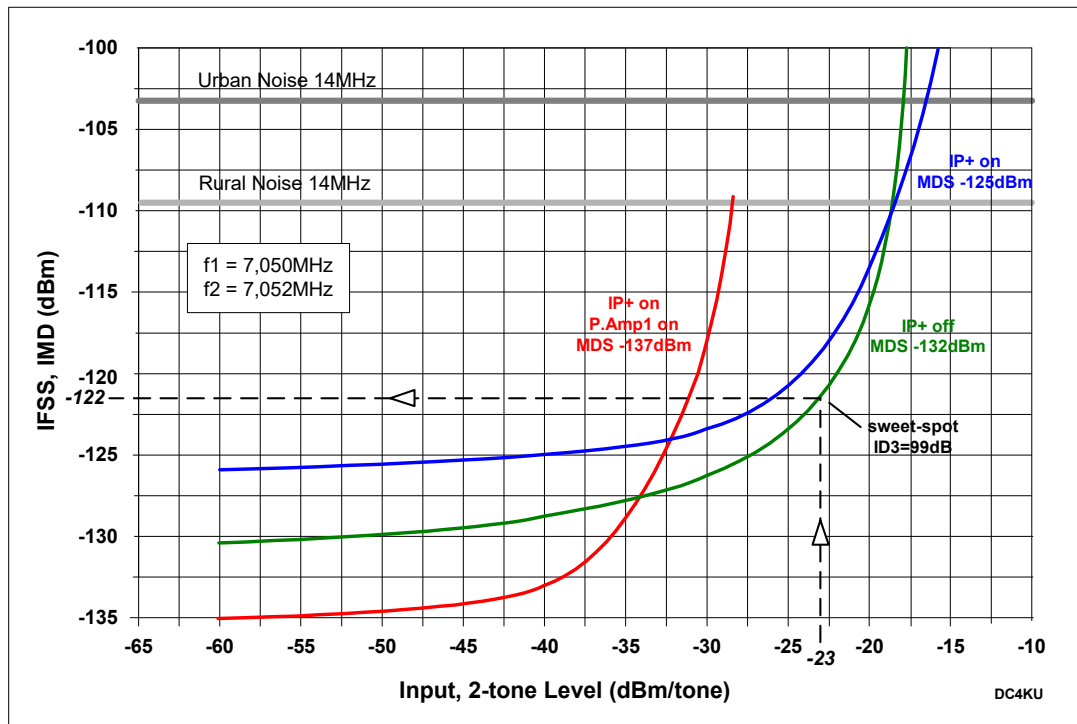


**Bild 6: Testaufbau für IND3-Messung**

Anders als bei analog aufgebauten Empfängern, steigen bei direkt abtastenden SDR-Receiver die IMD3-Produkte bei Pegelvergrößerung nicht mit 3-facher Geschwindigkeit an, sondern verbleiben bei einem niedrigen Grundpegel. Qualitativ hochwertige SDR-Receiver erzeugen IMD-Produkte, die bis hin zur Begrenzung (OVF), stets unterhalb des Empfänger-Grundrauschens liegen und somit nicht störend in Erscheinung treten.

**Bild 7** zeigt die IFSS-Kurven des IC-7300, mit IP+ on/off und mit zugeschaltetem Amplifier. Die Ergebnisse sind sehr gut und vergleichbar mit hochwertigen Receivern.

**Settings am IC-7300: AGC off, Notch off, NB off, NR off, CW, BW 500Hz**



**Bild 7: IFSS-Verlauf bei unterschiedlichen Einstellungen, IP+ on/off und Preamplifier on/off**

Alle Messkurven liegen weit unterhalb der Rural - und Urban Noise-Linie (3), d. h. mit zugeschalteter Antenne liegen die Verzerrungsprodukte stets unterhalb des Empfänger-Grundrauschens und treten erst bei Eingangspegeln von größer -17dBm (S9 +56) aus dem Rauschen in Erscheinung. Wird der Vorverstärker (P.AMP 1) eingeschaltet (rote Kurve), reduziert sich die Dynamik um die Größe der Verstärkung. Ein Intercept-Point 3. Order (IP3) kann aus den Kurven in **Bild 7** nicht ermittelt (berechnet) werden, bei A/D-Wandlern existiert kein IP3.

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. Dies ist erwähnenswert, weil bei vielen anderen SDR-Empfängern genau an dieser Stelle massiv Probleme entstehen.

**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 x -15dBm übersteigen den Referenzpegel (oberste Linie im Spektrum) um 15dB und IMD3-Störprodukte sind im Rauschen noch nicht erkennbar. Daraus folgt eine verzerrungsfreie Dynamik von 80dB + 15dB = 95dB. Der Empfänger zeigt das gleiche Ergebnis mit und ohne IP+.

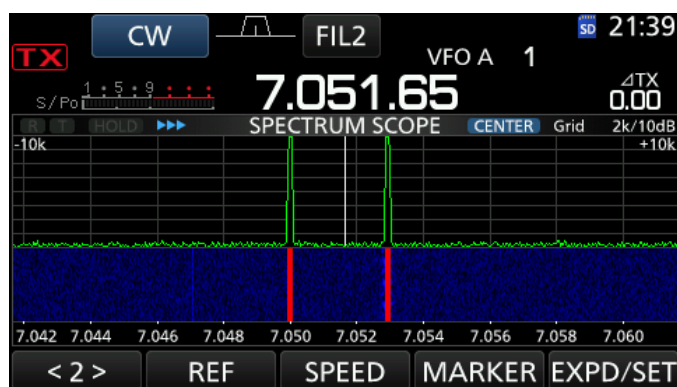


Bild 8: Linearität des IC-7300

### 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).

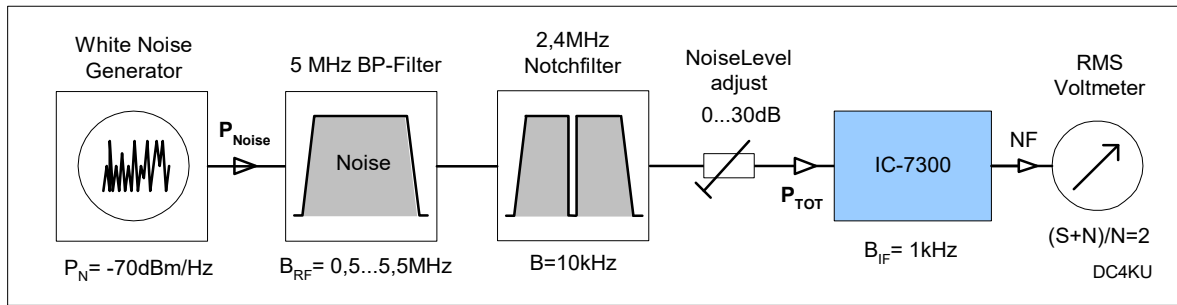


Bild 9: NPR-Messaufbau

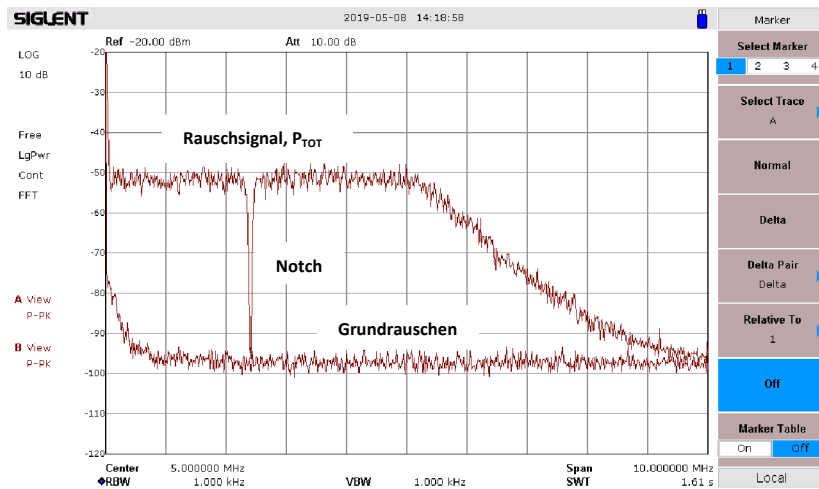


Bild 10: Signal am Ausgang des NPR-Messplatzes, gemessen mit einem Spektrumanalysator

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

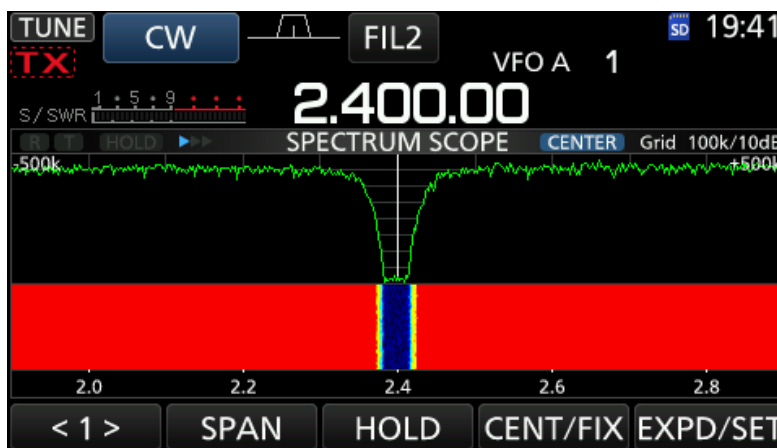


Bild 11: NPR-Spektrum mit Notchfilter im Display des IC-7300

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

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

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

## Transmitter

### HF-Ausgangsleistung des Senders

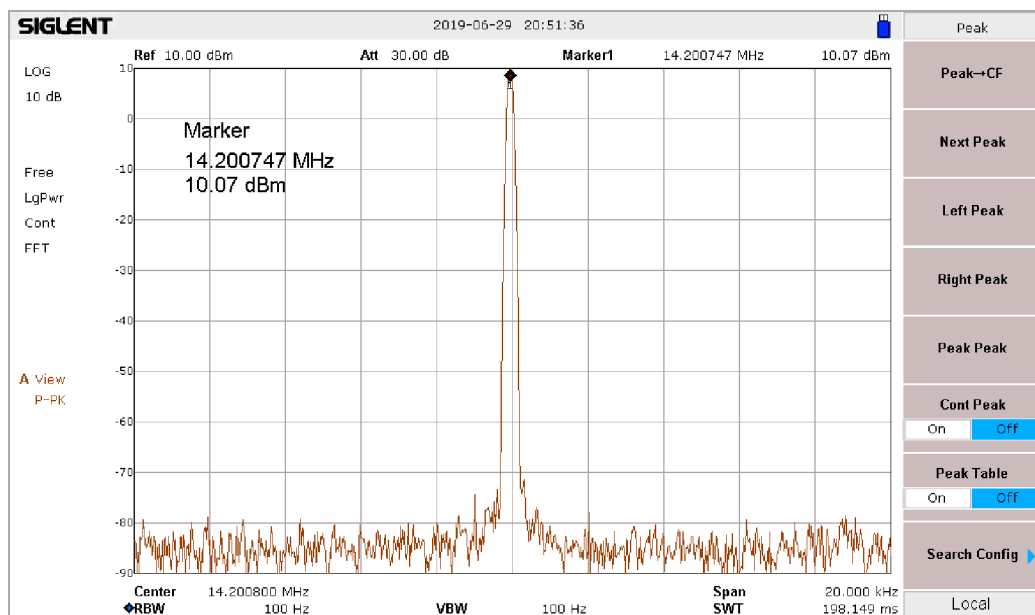
Zur Bestimmung der HF-Ausgangsleistung, legen wir ein 1 kHz-Sinussignal (CW-Signal) an den Mikrofoneingang und messen die HF-Ausgangsleistung (Pa) über ein 40dB-Dummy-Load mit einem kalibrierten Spektrumanalysator (Ps).

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

**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**

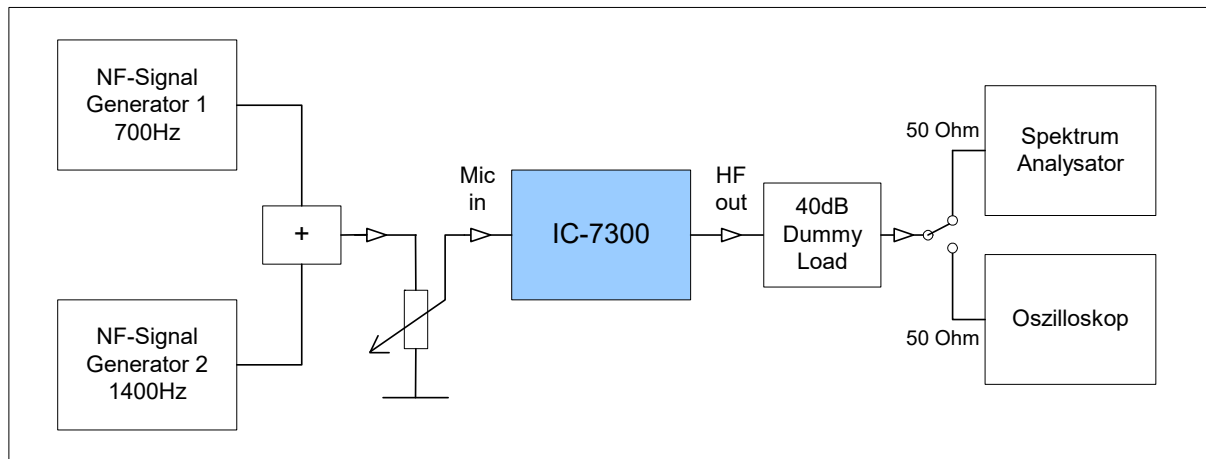
### Intermodulation der Endstufe

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

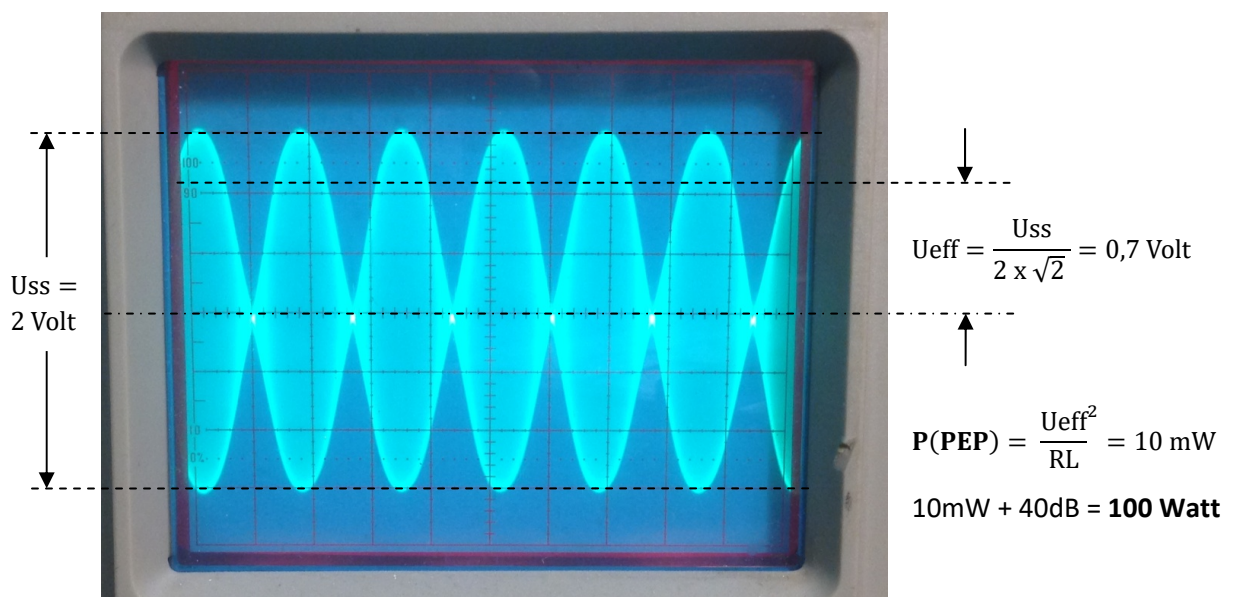


man darauf achten, ob das Wattmeter in Average oder PEP kalibriert ist. Ist das Wattmeter auf Average eingestellt, zeigt es bei dieser Messung nicht den Spitzenwert von 100Watt an, sondern nur 50 Watt.

**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. **Tabelle5** 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**

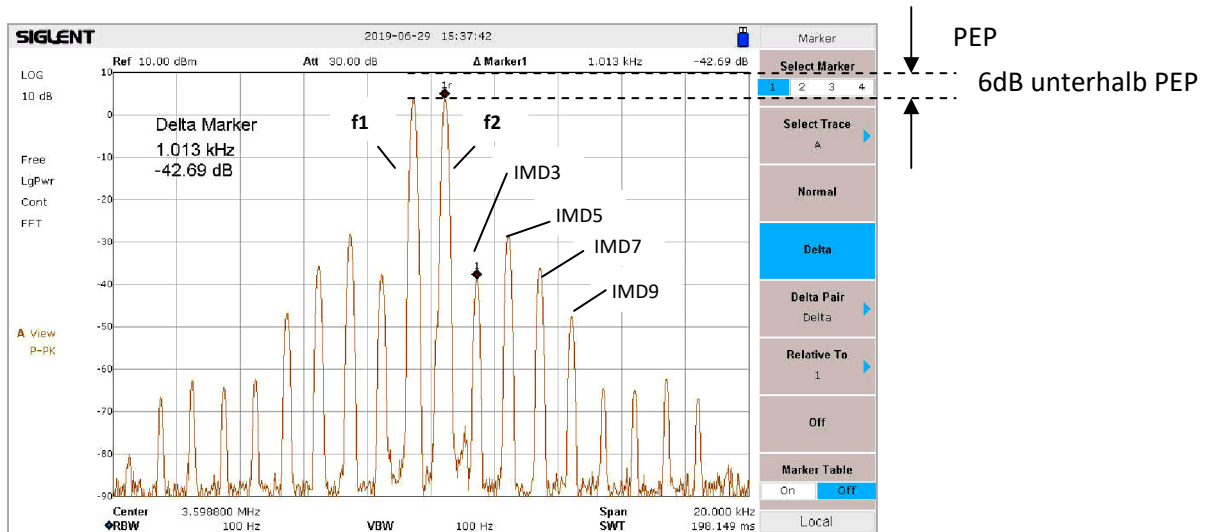


Bild: 15 IMD auf 3,6MHz: IMD3=42,6dBc, IMD5=32dBc, IMD7=40dBc, IMD9=50dBc

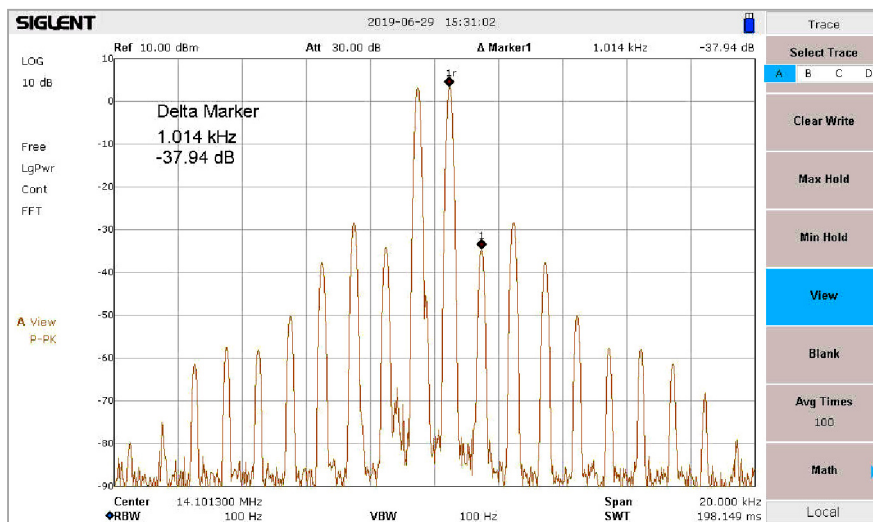


Bild 16: IMD auf 14.1MHz, IMD3 = 37,94dBc

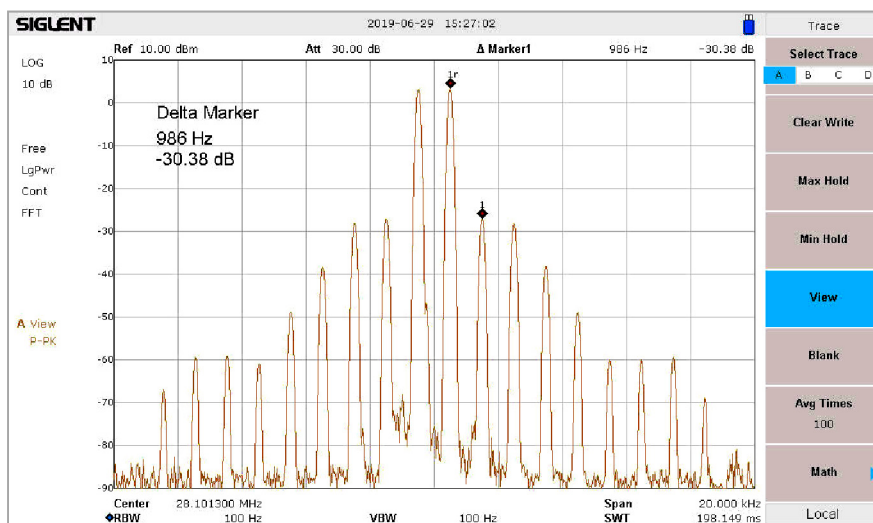


Bild 17: IMD auf 28.1MHz, IMD3 = 30,38dBc

### Oberwellenunterdrückung des Senders

Den Sender mit einem NF-Signal ( $f_1$ ) auf maximale HF-Ausgangsleistung abstimmen und die Unterdrückung der 1. Oberwelle (2. Harmonische) ( $2xf_1$ ) 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 $2xf_1$
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**

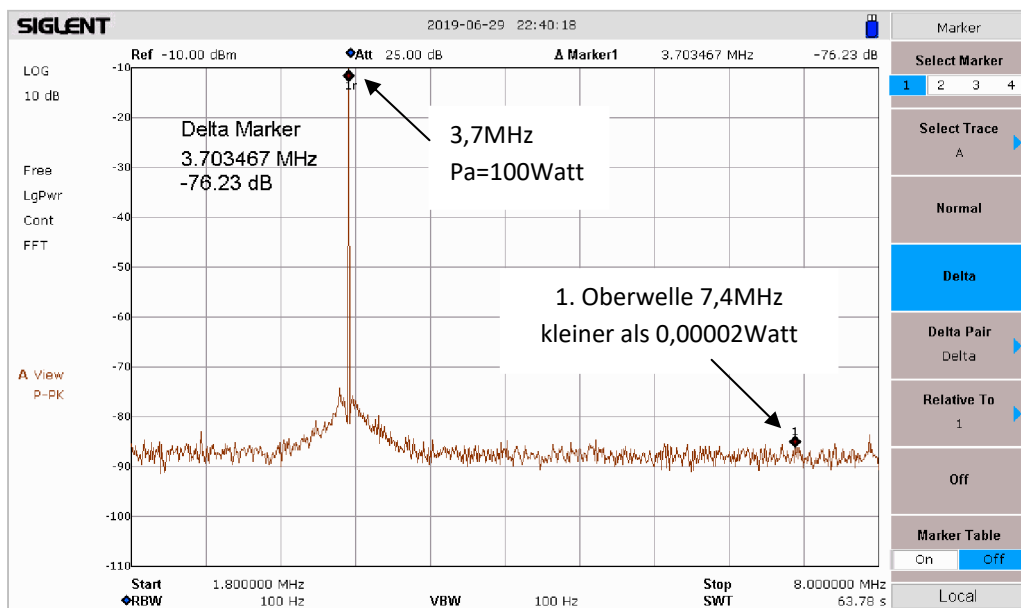


Bild 18: Die Oberwelle von 3,7MHz ist im Spektrum nicht mehr erkennbar, liegt unter 0,02 mW

### 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

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

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

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

### Sender Seitenband-Rauschen

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.

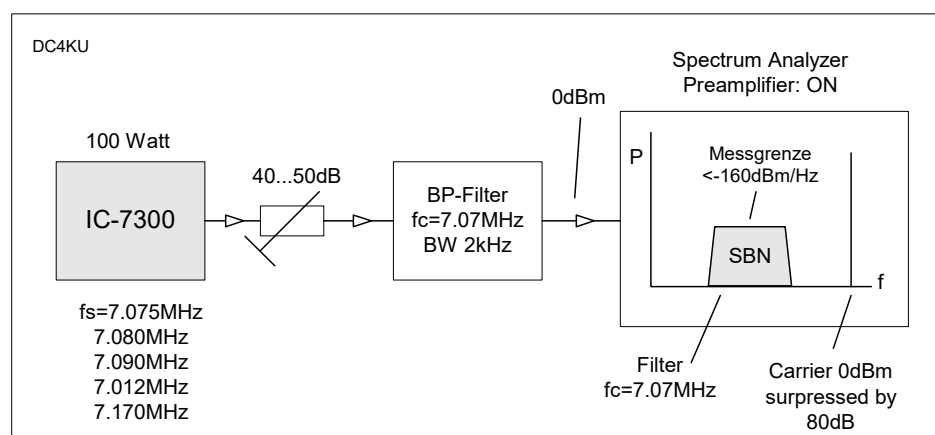


Bild 19: Messaufbau für Sender SBN-Messungen im 40m-Band mit einem Spektrum Analysator

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:

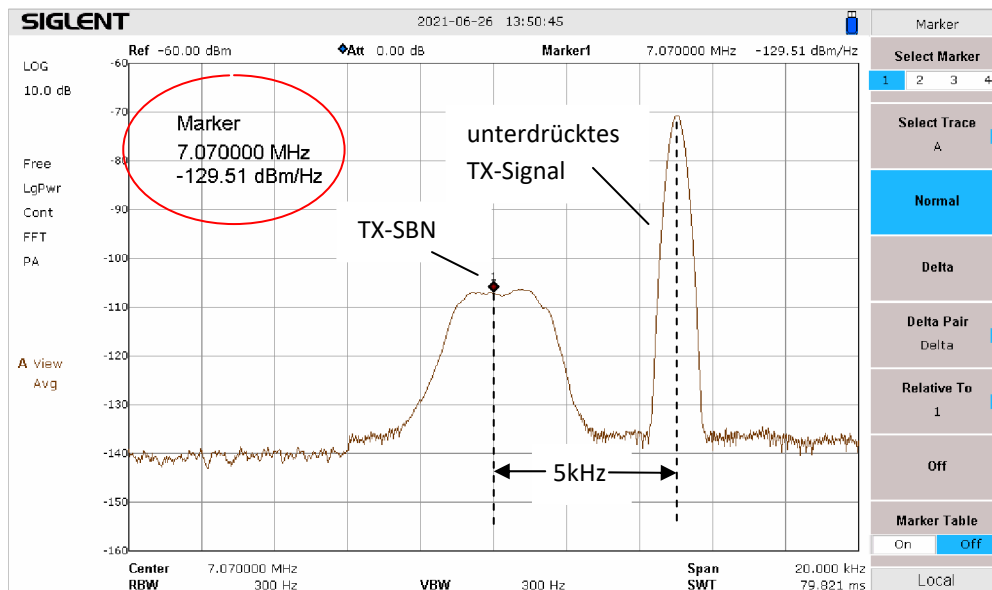
#### Transmit Composite Noise, 100 Watt

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

#### Transmit Composite Noise, 30 Watt

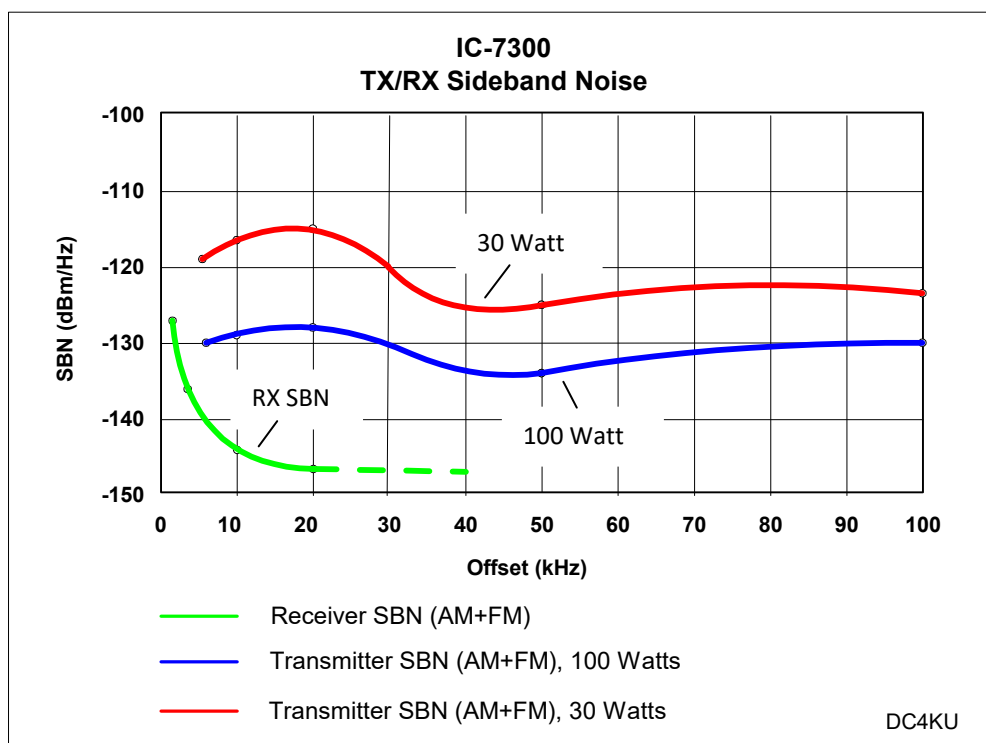
Offset (kHz)	5	10	20	50	100
SBN (dBm/Hz)	-118	-116	-115	-123	-123

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  $P_a=100$  Watt,  $SBN = -129.5$  dBm/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](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](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](https://dc4ku.darc.de/Transmitter-Sideband-Noise_DC4KU.pdf)

Werner Schnorrenberg

DC4KU

17.07.2019, 6/2021