

Icom IC-7300 und die OVF-Anzeige

Die maximale Aussteuerung eines digitalen, direktabtastenden Empfängers, wird durch die Begrenzung (Clipping, Saturation) seines ADC vorgegeben. Zur visuellen Anzeige der Übersteuerung, verfügt der Icom IC-7300 und IC-7610 über eine "OVF-Anzeige" im Display (Overflow, Overload, Clipping), die immer dann aufleuchtet, wenn der Empfänger übersteuert wird. Analoge Superheterodyn-Empfänger besitzen solche Anzeigen nicht, die Übersteuerung des 1. Mixers beginnt langsam und schon relativ früh und wird vom Anwender meist gar nicht bemerkt (**Bild 1**).

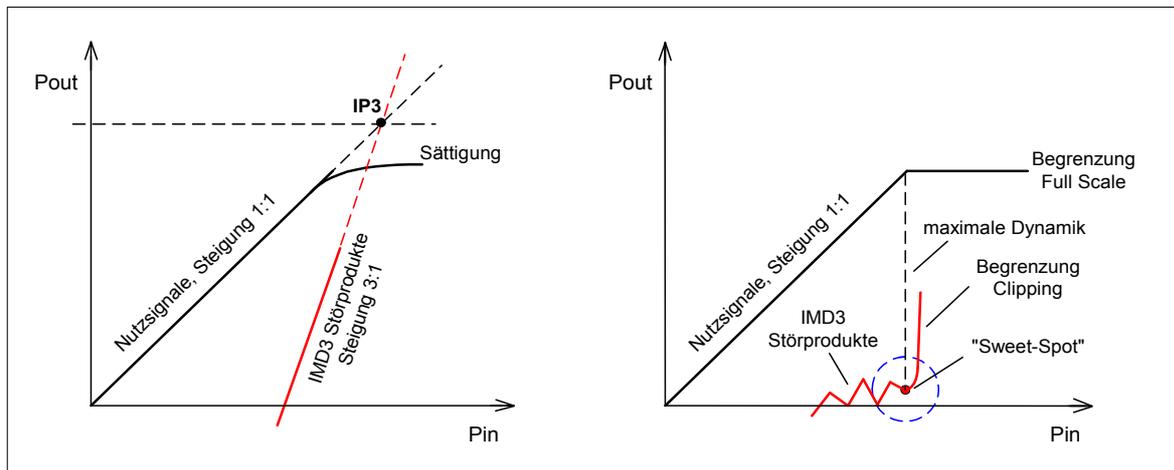


Bild 1: IM-Verlauf eines analogen- (links) und digitalen Empfängers (rechts)

Ein ADC hingegen, kann bis kurz vor seiner Begrenzung ausgesteuert werden und fühlt sich - im Gegensatz zum Mischer - erst bei hoher Aussteuerung richtig "wohl" und liefert erst dann seine größte IM-freie Dynamik, von z.B. 100 dB (Sweet Spot). Wird der ADC dann jedoch nur geringfügig übersteuert, erzeugt er fast schlagartig starke Intermodulation und ein weiterer Empfang wird unmöglich. Ein anderes Problem kann bei kleinen Signalen entstehen, weil ein ADC - wieder im Gegensatz zu analogen Empfängern - auch bei geringer Aussteuerung unerwünschte IM-Produkte erzeugt, die im Grundrauschen als Störsignale sichtbar werden können. Abhilfe schaffen Dither und Random. Die vielen, prinzipiellen Unterschiede zwischen analogen- zu digitalen Empfängern sollte man beachten und kennen, dann erklären sich viele "Phänomene" von alleine.

OVF (ACD-Clip Anzeige)

Bei diesem Test wird der Empfänger 10 kHz oberhalb oder unterhalb des Sendersignals eingestellt und der Pegel eines eingespeisten CW-Signals soweit vergrößert, bis die **OVF-Anzeige (Overflow)** aufleuchtet (**Bild 2**). Der Empfänger kann nur von Signalen übersteuert werden, die sich außerhalb der Empfangsfrequenz befinden, weil ansonsten die automatische Regelung (AGC) das Signal herunter dämpfen würde. Deswegen $f_s=7,10\text{MHz}$ und $f_e=7,11\text{MHz}$.

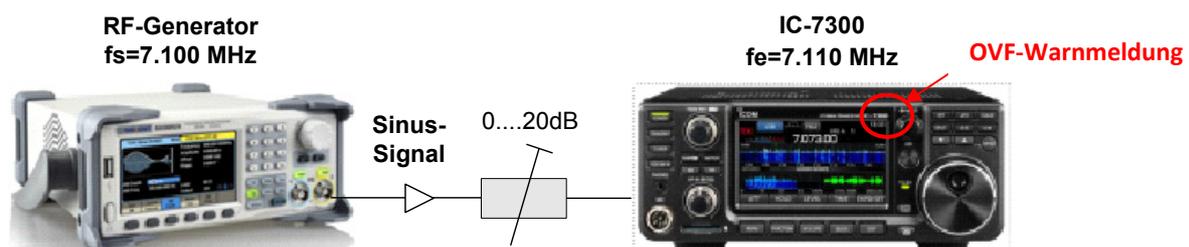


Bild 2: Clipping des IC-7300 durch ein CW-Signal

Der IC-7300 kommt bei Ansteuerung mit einem CW-Signal von $P_e = -8\text{dBm}$ ($0,16\text{mW} = 90\text{mV}_{\text{eff}} = S_9 + 65\text{dB}$) auf allen Bändern in Begrenzung (**Tabelle 1**) (**Bild 3**). Bei Verkleinerung des Pegels von -8dBm auf -9dBm , also nur um 1dB ! erlischt die OVF-Anzeige und der Empfänger befindet sich wieder im linearen Arbeitsbereich. Das beweist die zuvor schon erwähnte fast schlagartige Begrenzung (Clipping) eines ADC's bei Übersteuerung.

Frequenz, Band	1,8 MHz	3,6 MHz	7,1 MHz	14,1MHz	21,1MHz	28,3MHz
OVF, Clipping	-8 dBm					

Tabelle1: Clipping des IC-7800 in Anhängigkeit der Frequenz

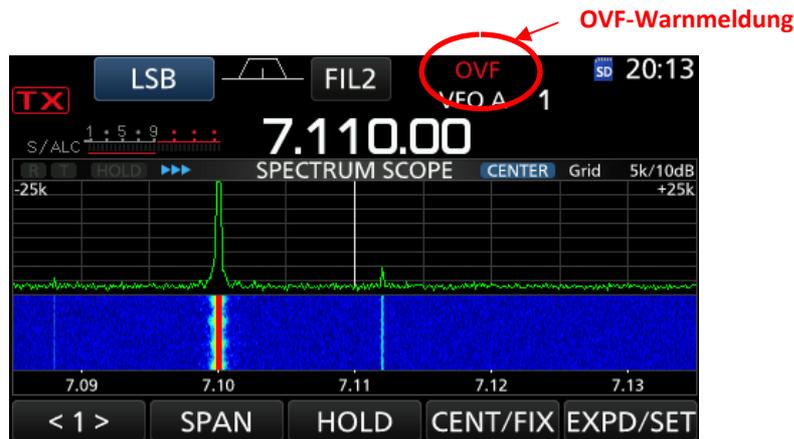


Bild 3: Overflow (OVF) bei einem CW-Signal von $P_e = -8\text{dBm}$

OVF über ein Rauschsignal

Die Ermittlung des ADC-Clippings mit nur einem einzigen Sinussignal, wie in **Bild 3**, ist aber nicht praxisorientiert. Über eine Antenne empfängt der IC-7300 gleichzeitig sehr viele Signale unterschiedlicher Frequenz und Leistung, welche als Summe die Grenze des ADC überschreiten können. Aus diesem Grund, sollte man das Clipping entweder mit sehr vielen einzelnen CW-Signalen messen oder mit einem konstanten, weißen Rauschsignal. Die Ermittlung der Großsignalfestigkeit (Begrenzung) eines Empfängers über ein Rauschsignal ist ein "hartes" Messverfahren, ähnlich einer NPR-Messung. Verfügt der Empfänger über einen Preselektor im HF-Eingang von z.B. mit 5MHz Bandbreite, wird ein 5MHz breites Rauschband bis zum ADC geleitet, welches 10000 gleich großen 500Hz -breiten Signalen entspricht. Das Ergebnis einer solchen Messung ist also immer das "schlimmste", was einem Empfänger passieren kann. Aber genau das, wollen wir ja heraus finden.

Hierzu verbinden wir den Eingang des IC-7300 mit einem Rauschgenerator, der ein weißes Rauschen von $0-30\text{MHz}$ erzeugt, mit einer maximalen Rauschleistung von 0dBm . Ausgehend von $P_{\text{Noise}} = -20\text{dBm}$, wird das Rauschmaß soweit erhöht, bis die OVF-Anzeige des IC-7300 anfängt zu blinken.

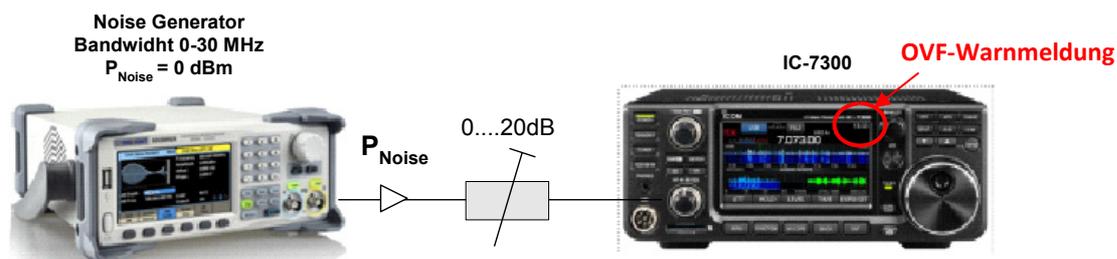


Bild 4: Ermittlung der Begrenzung mit einem breitbandigen Rauschsignal

Die Ergebnisse der Rauschmessungen zeigt **Tabelle 2**. Im Gegensatz zur Einspeisung mit einem Sinussignal, verkleinert sich der Clipping-Pegel des ADC jetzt mit ansteigender Frequenz. Der Grund dafür liegt an den unterschiedlichen Bandbreiten der Front-End Filter, die beim Durchstimmen des Empfängers automatisch vorgeschaltet werden. Bei z.B. bei $f_e=1,8$ MHz (160m-Band) schaltet der IC-7300 ein Bandpaßfilter mit nur 400 kHz Bandbreite vor, bei 28,3 MHz (10m-Band) jedoch ein Bandpaßfilter von 8 MHz Bandbreite. Demnach bestimmen allein die Bandbreiten der Preselektoren, bei welchem Rauschpegel der ADC in Begrenzung fährt.

Frequenz, Band	1,8 MHz	3,6 MHz	7,1 MHz	14,1 MHz	21,1 MHz	28,3 MHz
Preselektor (BPF)	1.6 - 2 MHz	3 - 4.5 MHz	6.5 - 8 MHz	10 - 15 MHz	15 - 22 MHz	22 - 30 MHz
Filter-Bandbreite	400 kHz	1.5 MHz	1.5MHz	5.0MHz	7 MHz	8 MHz
OVF, Clipping	-5 dBm	-8 dBm	-11 dBm	-14 dBm	-17 dBm	-17 dBm

Tabelle 2: OVF in Abhängigkeit eines konstanten Rauschsignals

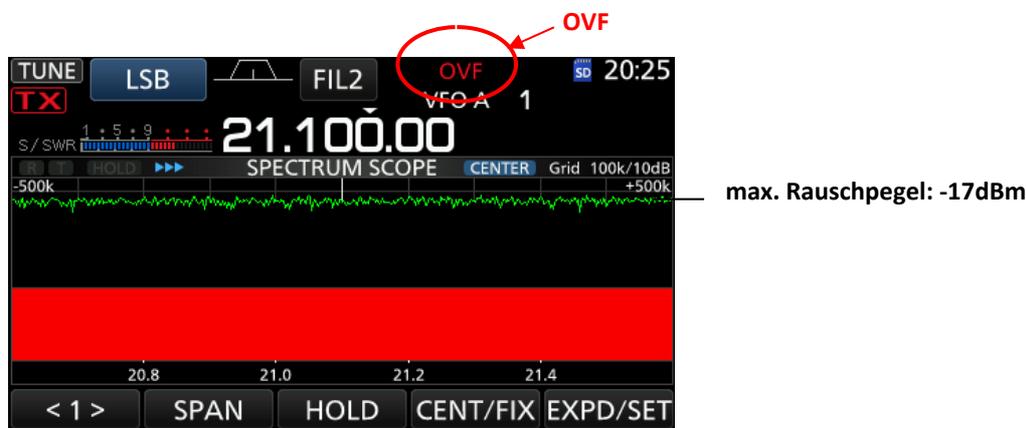


Bild 5: Blinkende OVF-Anzeige bei einer Rauschleistung von -17dBm bei $f_e=21,1$ MHz

Die OVF-Ergebnisse in **Tabelle 2** zeigen deutlich: Je kleiner die Bandbreite der Preselektoren im Eingang des Empfängers, umso großsignalfester ist der Empfänger, wie umgekehrt.

OVF und NPR

Die OVF-Anzeige bringt aber noch weitere Vorteile mit sich. Man kann darüber auch das NPR (Noise Power Ratio) des IC-7300 ermitteln!

Normalerweise benötigt man zur NPR-Messung einen speziellen Rauschgenerator mit steilflankigen Kerbfiltern (1). Das Rauschen wird soweit vergrößert, bis sich das Grundrauschen im Sockel des Kerbfilters minimal erhöht, bzw. das NF-Rauschen am Lautsprecher-Ausgang nach $(S+N)/N=2$ um 3dB ansteigt, was ein Zeichen für die Übersteuerung des ADC ist. Das maximale NPR des Empfängers ist dann erreicht und entspricht der Differenz von Rauschleistung (P_{TOT}) zu Empfindlichkeit (MDS).

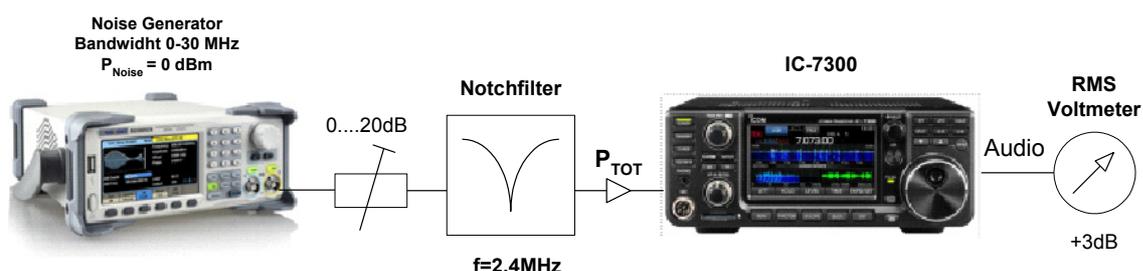


Bild 6: Aufbau für NPR-Messung

Bild 6 zeigt den NPR-Messaufbau und **Bild 7** das resultierende Spektrum. Bei einer Empfindlichkeit von $-132\text{dBm}/500\text{Hz}$ und einem Rauschpegel von $P_{\text{TOT}} = -8\text{dBm}$ erreicht der IC-7300 einen maximalen NPR von 76dB .

$$\begin{aligned} \text{NPR} &= P_{\text{TOT}} - 10\lg(\text{Rauschbandbreite}/\text{Auflösungsbandbreite}) - \text{MDS} \\ &= -8\text{dBm} - 10\lg(30\text{MHz}/500\text{Hz}) - 132\text{dBm} = 76\text{dB} \end{aligned}$$

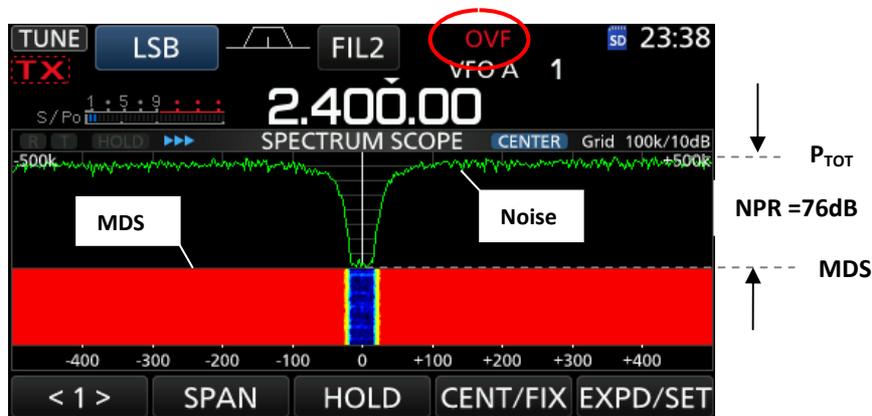


Bild 7: Klassische NPR-Messung über ein 2.4MHz Notchfilter, NPR = 76dB

Die gleiche Messung lässt sich auch ohne Notchfilter durchführen, indem man den IC-7300 über seine OLV-Anzeige zu einem Messgerät macht! Ich habe herausgefunden, dass der maximale NPR und die aufleuchtende OVF-Anzeige bei gleichem Rauschpegel entstehen. Mit Hilfe der OVF-Anzeige lässt sich das gleiche NPR ermitteln, wie bei einer Rauschmessung über ein Notchfilter, im Beispiel: $\text{NPR}=76\text{dB}$ (**Bild 8**).



Bild 8: Alternative NPR-Messung bei 2.4MHz über die OVF-Anzeige, NPR = 76dB

Aus OVF-Anzeige (P_{TOT}) und Empfindlichkeit (MDS), kann der NPR des IC-7300 jetzt auf allen Frequenzen mit der gleichen Formel wie zuvor ermittelt werden

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

Beispiel für die NPR-Ermittlung bei $f_e=21,1\text{ MHz}$:

Bei einem Rauschpegel von $P_{\text{TOT}} = -17\text{dBm}$ beginnt die OVF-Anzeige zu blinken und die maximale Aussteuerung des ADC ist somit erreicht. Daraus berechnet sich ein NPR von

$$\text{NPR} = -17\text{dBm} - 10\lg(30\text{MHz}/500\text{Hz}) - (-133\text{dBm}) = 68\text{dB} \text{ (s. Tabelle 3)}$$

Der Vorteil einer NPR-Messung über OVF ist, dass sich das NPR auf jeder beliebigen Frequenz des IC-7300 ermitteln lässt. Eine NPR-Messung über einzelne Notchfilter auf allen Frequenzen würde sehr

aufwendig sein, weil geeignete Filter mit großer Sperrdämpfung von 100dB nur schwer zu beschaffen sind oder nur mit erheblichem Aufwand selbst herzustellen sind (2).

Die so ermittelten NPR-Werte des IC-7300 von 1,8 bis 28,3MHz zeigt **Tabelle 3**.

Frequenz	Empfindlichkeit (MDS) B=500Hz	Preselektor Bandbreite	OVF-Level P_{TOT}	S-Meter	NPR
1,8 MHz	-131 dBm	400 kHz	-5 dBm	S9+68	78 dB
3,6 MHz	-132 dBm	1.5 MHz	-8 dBm	S9+65	76 dB
7,1 MHz	-134 dBm	1.5 MHz	-11 dBm	S9+62	75 dB
14,1 MHz	-134 dBm	5 MHz	-14 dBm	S9+59	72 dB
21,1 MHz	-133 dBm	7 MHz	-17 dBm	S9+56	68 dB
28,3MHz	-132 dBm	8 MHz	-17 dBm	S9+56	67dB

Tabelle 3: OVF-Level (P_{TOT}), MDS und daraus berechneter NPR von 1.8 bis 28,3 MHz

Im Balkendiagramm (Bild 8) ist deutlich zu erkennen, dass sich das NPR (die Großsignalfestigkeit) des IC-7300 mit steigender Frequenz verkleinert. NPR-Ranking von Empfängern: 65 bis 70dB ausreichend, 70 bis 75dB befriedigend, 75 bis 80dB gut, >80dB sehr gut.

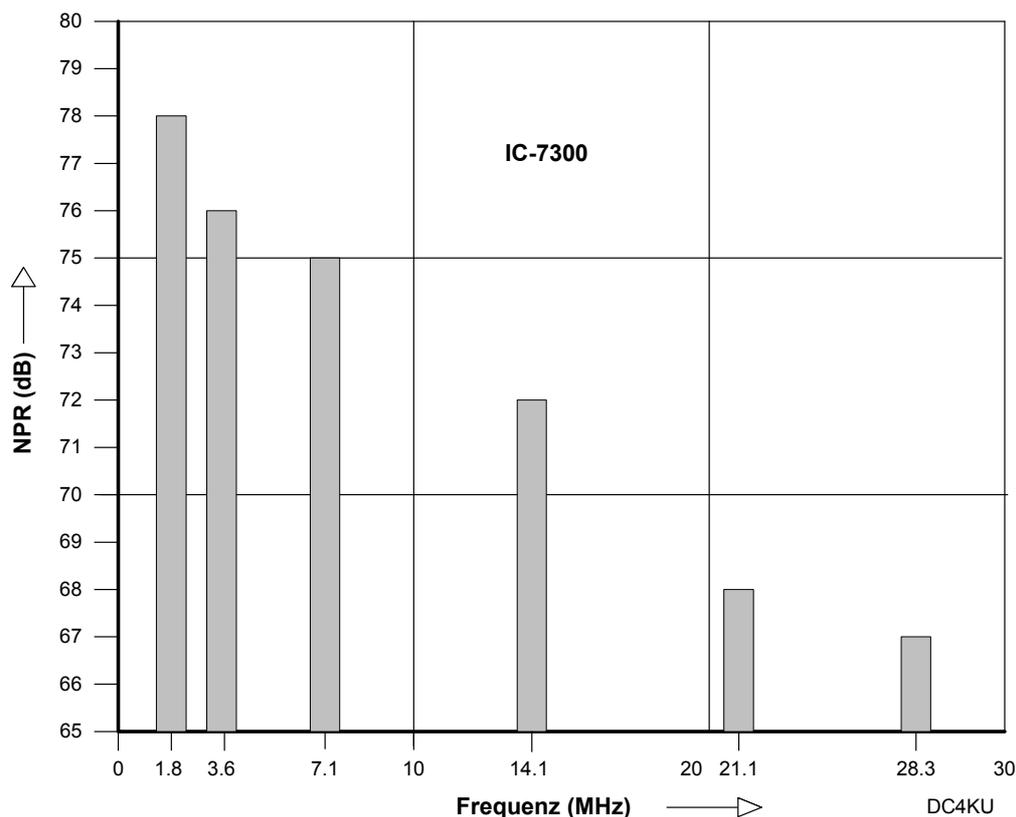


Bild 8: IC-7300, NPR in Abhängigkeit der Frequenz, Rauschbandbreite 0-30MHz

Anmerkung: Die Ermittlung des NPR über OVF ist keine "NPR-Messung" und kann bezüglich ihrer Genauigkeit auch nicht mit der klassischen Messung über Notchfilter mithalten. Bei Verwendung von Notchfiltern, kann die Begrenzung des ADC exakt auf -1dBFS (Full Scale) eingestellt werden, bei der OVF-Anzeige muß ich mich auf die blinkende LED-Warnanzeige verlassen. Die Genauigkeit der NPR-Ermittlung über OVF würde ich auf +/- 1.5dB einschätzen.

Ob das beschriebene Verfahren auch auf anderen SDR's mit ADC-Begrenzungsanzeige funktioniert,

kann ich nicht sagen. Bei mir funktioniert es einwandfrei mit den direktabtastenden SDR's IC-7300 und ColibriNANO.

Zusammenfassung

Die OVF-Anzeige des IC-7300 und IC-7610 ist eine sehr praktische und sinnvolle Funktion und sollte bei keinem direktabtastenden SDR fehlen.

Falls die Overflow-Anzeige am IC-7300 aufleuchtet, sollte man die "RF-Gain" reduzieren, indem man das Poti "RF/SQL" ein paar Millimeter nach links dreht. Hierbei wird ein Pin-Dioden Dämpfungsglied im HF-Eingang aktiviert und im Bildschirm erscheint der Hinweis "RFG" (Reduced RF-Gain) und die OVF-Anzeige erlischt wieder.

Die wählbaren Vorverstärker (Preamp. 1 und 2) sollte man natürlich abzuschalten. Der IC-7300 ist mit -133dBm/500Hz schon von Hause aus sehr empfindlich. Um zu erkennen, ob die Empfindlichkeit des Empfängers auch ohne Vorverstärker auf irgendeinem Band ausreicht (z.B. auf 20m), sollte man kurz die Antenne vom Receiver entfernen und die Rauschlinie dabei beobachten. Falls das Rauschen dann um einige dB zurück geht, braucht man keinen Vorverstärker, weil dann die Antenne die Empfindlichkeit vorgibt und nicht der Empfänger.

Werner Schnorrenberg
DC4KU
29.09.2020

Literatur:

(1) Empfängermessungen nach dem NPR-Verfahren

FUNKAMATEUR 12-2017, 01-2018

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

(2) Website von OE3HKL zum Aufbau von Notchfiltern

www.oe3hkl.com/hf-measurements/npr-messplatz-rauschgenerator/rx-messungen.html

(3) IC-7300 - Test

CQ-DL 8-9-10, 2019

https://dc4ku.darc.de/IC-7300-Test_DC4KU.pdf