

NPR-Rauschmessplatz von DC4KU

Blockschaltbild

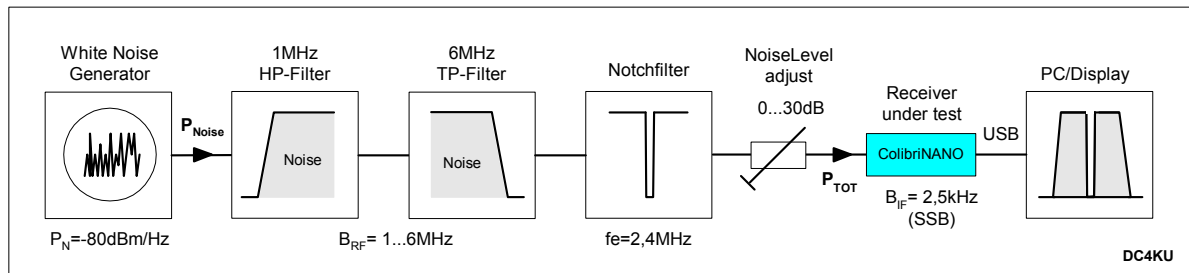


Bild 1: NPR (Noise Power Ratio) - Messplatz

$$NPR = P_{TOT@5MHz} - BWR - MDS$$

mit:

$P_{TOT@5MHz}$ = Rauschleistung (im Beispiel bezogen auf eine Bandbreite B_{RF} von 5MHz)

B_{RF} = Rauschbandbreite des Generators (im Beispiel 5MHz)

B_{IF} = Rauschbandbreite des Empfängers (im Beispiel 2,5kHz SSB)

BWR (Bandwidth Ratio) = $10 \log B_{RF}/B_{IF} = 33dB$

MDS = -117dBm, Grundrauschen des Empfänger (im Beispiel SDR-ColibriNANO)

HF-Rauschgenerator

Als HF-Rauschgenerator verwende ich eine fertige Platine von FUNKAMATEUR. Das Modul benutzt eine 24-V Z-Diode als Rauschquelle mit drei nachgeschalteten MMICs Breitbandverstärker. Der Generator zieht bei 9VDC bis zu 170mA Strom und kann etwas warm werden, deswegen sollte die Platine auf der Rückseite mit einem kleinen Kühlkörper vor Überhitzung geschützt werden. **Bild 2** zeigt das Modul und sein erzeugtes breitbandiges Rauschspektrum von 0...100MHz, bezogen auf eine Auflösungsbandbreite von 1MHz.

Achtung: Analysator kann übersteuert werden, 30dB Dämpfung im Eingang erforderlich!

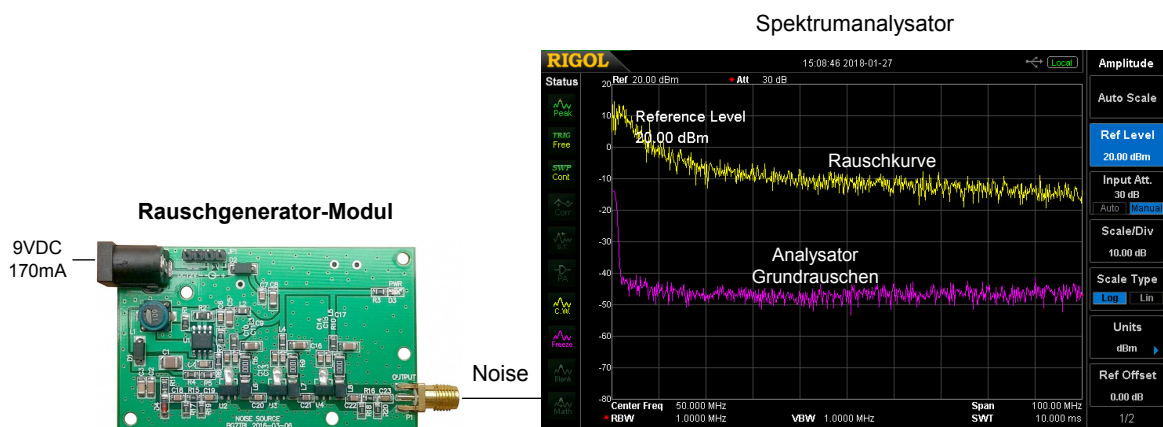


Bild 2: Rauschkurve des Generators von 0-100MHz, Auflösungsbandbreite 1MHz, Dämpfung 30dB

Die gleiche Rauschkurve, aber mit einer Auflösungsbandbreite von nur 10kHz, zeigt **Bild 3**. Die Kurve rutscht um 20dB ($10\log(1\text{MHz}/10\text{kHz})$) nach unten. Trotzdem müssen auch hier noch 30dB Dämpfung vor den Eingang des Analysators geschaltet werden, um eine Begrenzung des Mischers im Analysator (Beschädigung) zu vermeiden.

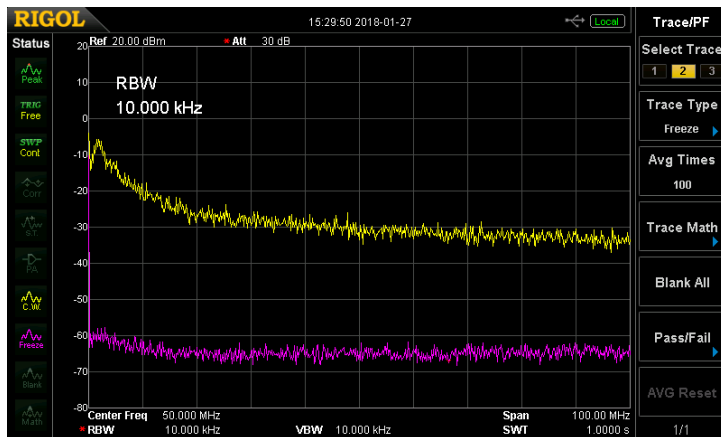


Bild 3: Rauschkurve, gemessen mit 10kHz RBW

HP-Filter und Anpassung der Rauschkurve

Leider verläuft die Rauschkurve nicht geradlinig, flach. Zur Glättung der Kurve schalte ich deswegen zunächst ein Anpassglied an den Ausgang des Generators, bestehend aus einem 1MHz-Hochpassfilter (Pi-Filter) und RC-Glied. Die Schaltung sieht zwar etwa abenteuerlich aus, sie funktioniert aber. Anschließend ist die Rauschkurve, beginnend von ca. 1MHz, begradigt (**Bild 4**). Durch die Anpassung der Rauschkurve verliert das Signal insgesamt an Pegel, es ist aber immer noch genügend Leistung für eine NPR-Messung vorhanden. Die Dämpfung im SA kann jetzt auf 10dB (Att) reduziert werden.

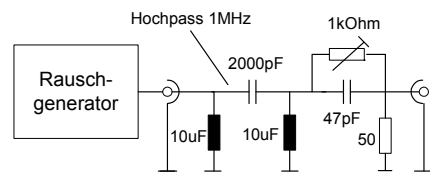
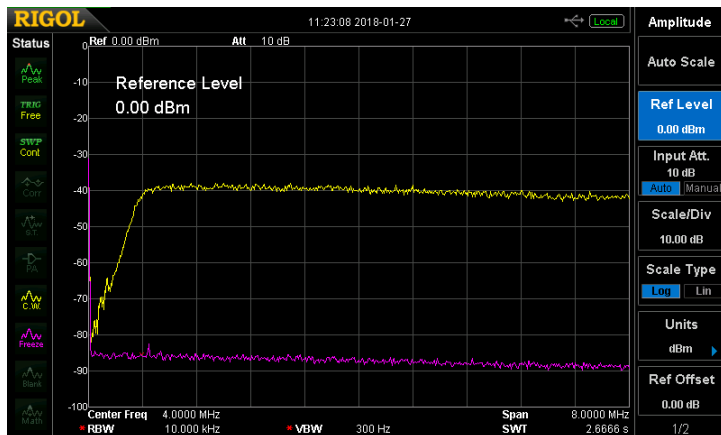


Bild 4: Spektrum des Rauschgenerators von 0-8MHz mit begradigter Rauschkurve

TP-Filter

Dem 1MHz HP-Filter folgt ein 6MHz TP-Filter. Hier kann man z.B. ein TP-Filter von Mini-Circuit (FA) verwenden oder eine fertige Platine mit schaltbaren TP-Filtern (**Bild 5**). Zur Überprüfung der Genauigkeit einer NPR-Messung ist es zweckmäßig, unterschiedliche Rauschbandbreiten einsetzen zu können. Deswegen verwende ich eine schaltbare Filter-Box mit mehreren TP-Filtern von Mini-Circuit für 6, 13, 25 und 33MHz.

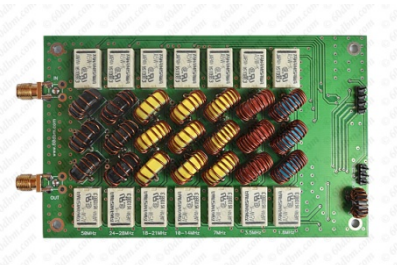
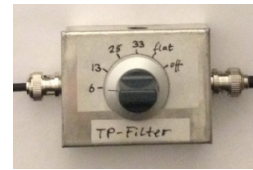
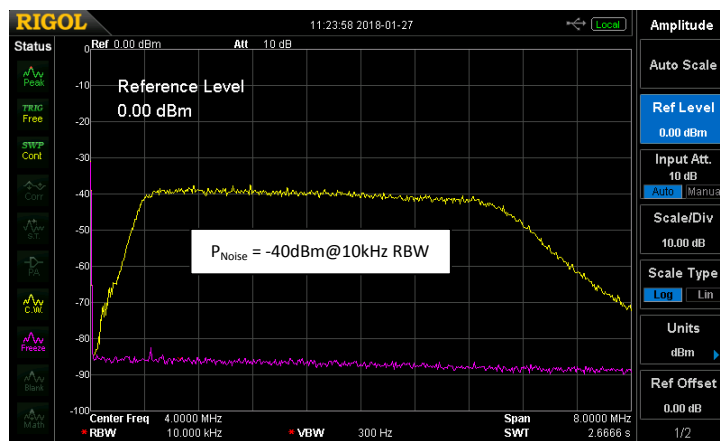


Bild 5: Begrenztes Rauschen von 1-6MHz, Beispiel schaltbare TP-Filter (rechts)

Notchfilter

Das Kernstück des NPR-Messplatzes ist das Kerbfilter (Notchfilter). Zu vollständigen Unterdrückung des externen Rauschens auf seiner Kerbfrequenz, benötigt das Filter eine Dämpfung von 100dB, im Beispiel werden bei einer Übertragungsmessung mit Tracking-Generator (**Bild 6**) 105dB erreicht. Die Filter-Sperrfrequenz sollte in etwa mit der verwendeten Auflösungsbandbreite (B_{IF}) des Empfängers übereinstimmen. Wird zur NPR-Messung eine Empfängerbandbreite von 2,5kHz (SSB) verwendet, darf die Bandbreite des Notchfilters nicht kleiner als 2,5kHz sein. Ich verwende ein Siemens-Sperrfilter (eBay) mit einer Notchfrequenz von 2,4MHz und einer Sperrbandbreite im Sockel von ca. 10kHz.

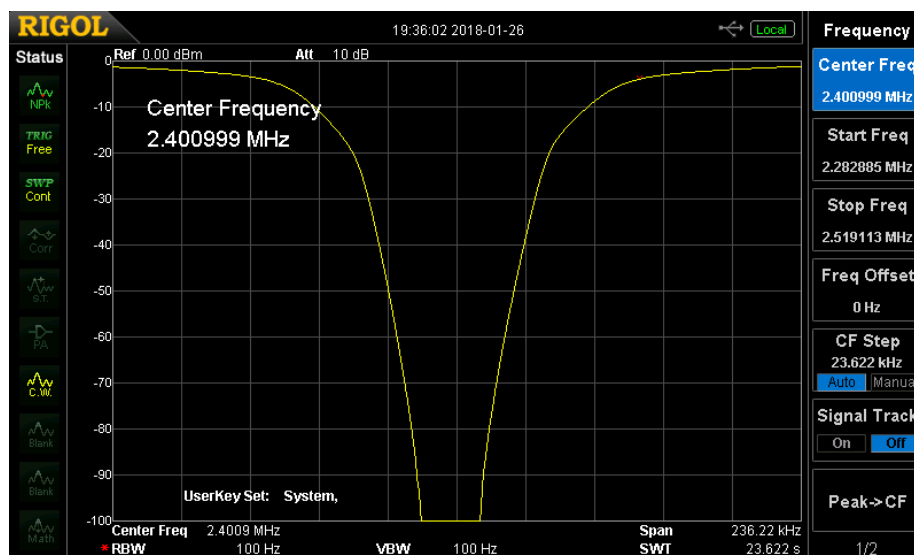


Bild 6: Übertragungskurve des 2,4MHz Notchfilters, Sperrdämpfung >100dB, Sperrbandbreite 10kHz

Signal am Ausgang des NPR-Messplatzes

Das resultierende Spektrum am Ausgang des NPR-Messplatzes mit Notchfilter zeigt **Bild 7**. Der Rauschpegel im Durchlaßbereich des 5MHz breiten BP-Filters beträgt -40dBm@10kHz RBW.

$P_{TOT} = -40\text{dBm}$, bezogen auf eine Analysator-Bandbreite (B_{IF}) von 10kHz.

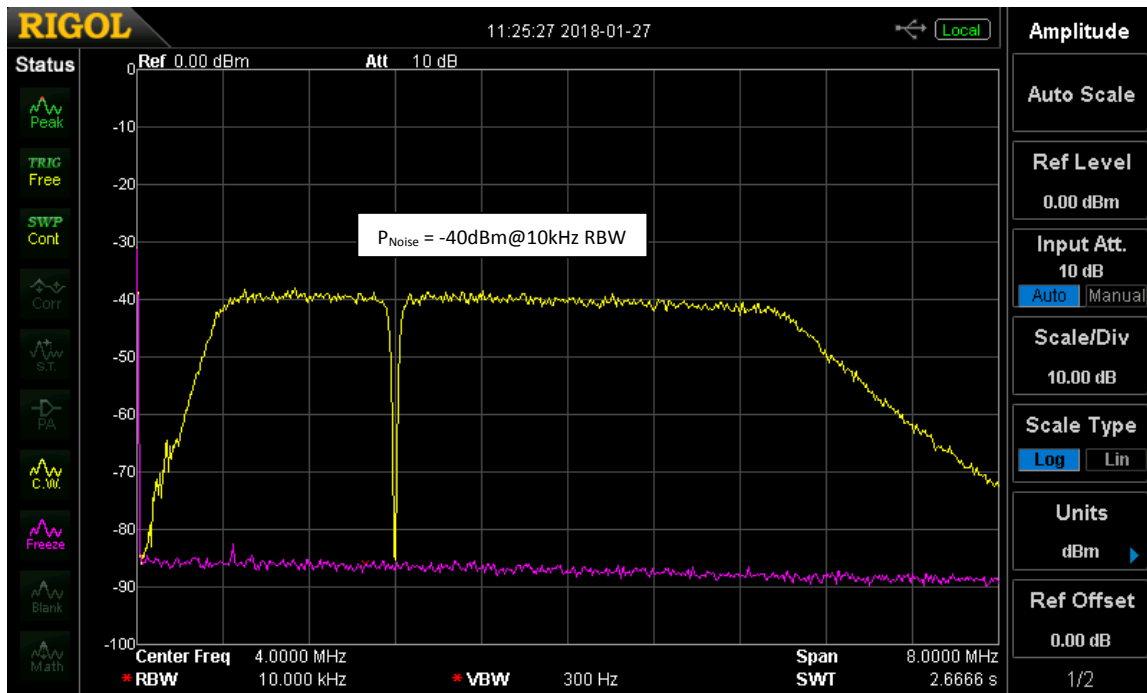


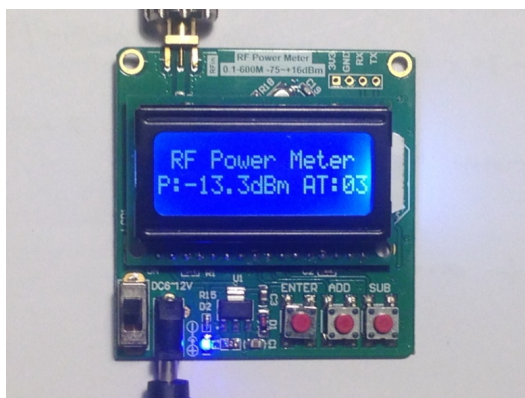
Bild 7: Rauschspektrum am Ausgang des NPR-Messplatzes, 1-6MHz

Bezogen auf 5MHz-Rauschbandbreite (B_{RF}), berechnet sich die maximale Rauschleistung P_{TOT} zu

$$P_{TOT (5\text{MHz})} = -40\text{dBm} + 10\log B_{RF}/B_{IF} = -40\text{dBm} + 10\log 5000\text{kHz}/10\text{kHz} = -40\text{dBm} + 27\text{dB} = -13\text{dBm}$$

Das Rauschsignal P_{TOT} in **Bild 7** wird mit einem kalibrierten Spektrumanalysator gemessen. Bei Rauschmessungen mit einem Spektrumanalysator, können aber kleine Fehler auftreten, weil man nicht unbedingt weiß, ob die gewählte Auflösungsbandbreite (10kHz) auch mit der Rauschbandbreite des Analysators übereinstimmt. Deswegen kann eine zweite Messung der Rauschleistung nicht falsch sein. Am einfachsten verwendet man hierfür ein simples "RF-Power-Meter" (**Bild 8**). Das von mir benutzte RF-Power-Meter (eBay, € 20,-) besitzt einen Messbereich von -75...+16dBm mit einer Genauigkeit von +/-0,5dB bis ca. 300MHz.

Ergebnis der max. erzeugten Rauschleistung in **Bild 8**, bei 0dB Dämpfung: $P_{TOT (5\text{MHz})} = -13,3\text{dB}$.



Das RF-Power-Meter arbeitet mit einem logarithmischen Verstärker (AD8307) und Sample-Detektor, so dass der Effektivwert des Rauschens grundsätzlich um 2,5 dB zu niedrig angezeigt wird. Deswegen muß der angezeigte Messwert um 2,5dB nach oben korrigiert werden.

Das Power-Meter verfügt über eine ADD-> ENTER Funktion, mit der eine Pegelkorrektur fest eingestellt werden kann. Im Beispiel: +3dB

Bild 8: Rauschleistungsmessung mit einem RF-Power-Meter, $P_{TOT (5\text{MHz})} = -13,3\text{dBm}$

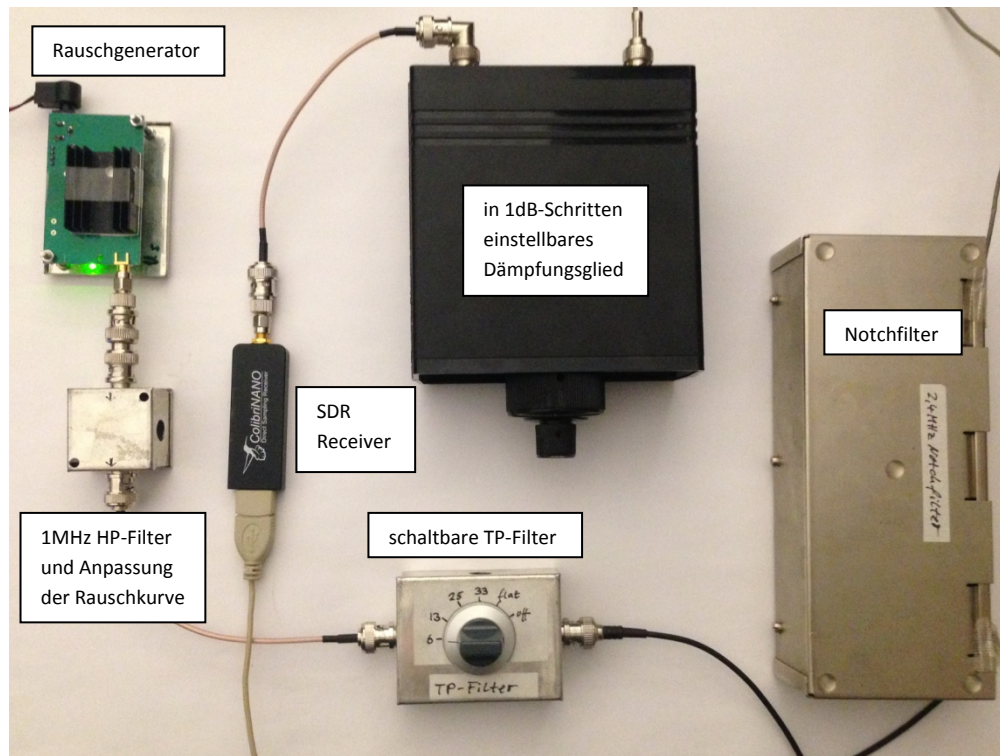


Bild 9: Kompletter NPR-Rauschmessplatz

Beispiel einer NPR-Messung

Als Beispiel soll nachfolgend das NPR des SDR **ColibriNANO** gemessen werden

Einstellungen ColibriNANO: Peamp. Level 0dB, Gain 100dB, AGC off, Preamp Auto off, Filter 2,5kHz

Zunächst wird der Receiver auf 2,4MHz abgeglichen und das Spektrum so eingestellt, das man das Notchfilter gut beobachten kann. Das Dämpfungsglied am Ausgang des Rauschmessplatzes stellt man auf 20dB ein. Dann wird die Dämpfung langsam soweit reduziert (die Rauschleistung erhöht), bis der Receiver in Begrenzung (Saturation) geht.

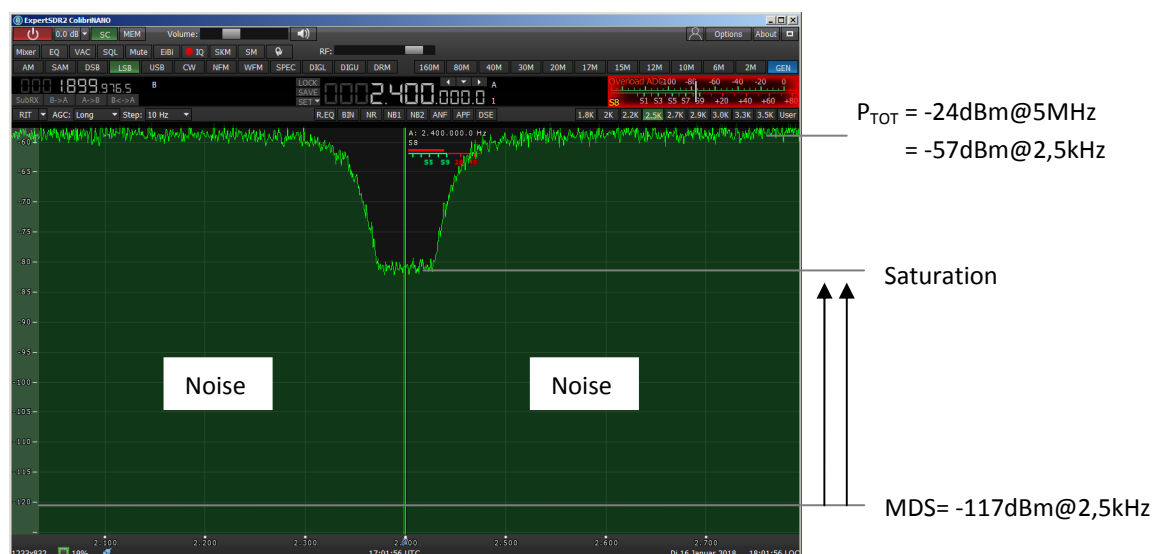


Bild 10: ColibriNANO in Saturation, übersteuert

Die Begrenzung wird deutlich erkennbar, wenn das Rauschen im Kerbfilter massiv zunimmt (**Bild 10**). Ist dieser Punkt erreicht, reduziert man das Rauschsignal wieder um 1..2 dB, so dass sich der Receiver wieder linearen Zustand befindet. P_{TOT} beträgt jetzt $-26\text{dBm}/5\text{MHz}$. Bei dieser Pegeleinstellung erreicht der ColibriNANO sein max. NPR (**Bild 11**). Die Differenz des Pegels außerhalb des Notchfilters zum Pegel innerhalb der Notchfilters (dem Grundrauschen des Receivers) entspricht dem NPR. Das Messergebnis kann direkt am Bildschirm abgelesen werden.

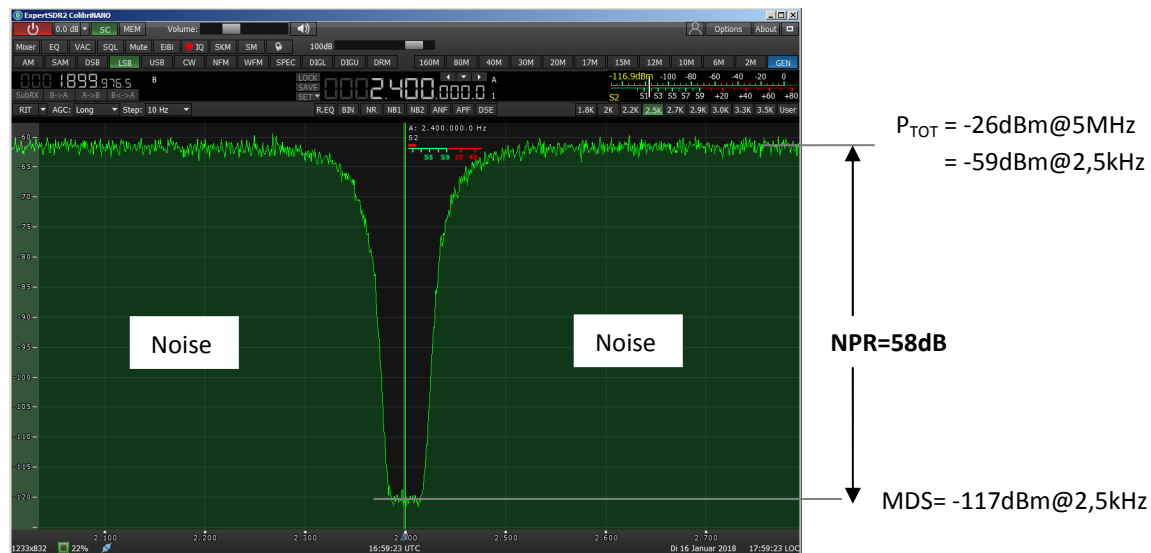


Bild 11: NPR-Messung, NPR= 58dB

Berechnung des NPR

$$\text{NPR} = P_{TOT} - \text{BWR} - \text{MDS} = -26\text{dBm} - 10\log 5000/2,5 - (-117\text{dBm}) = 58\text{dB}$$

Der ColibriNANO arbeitet ohne Preselectoren im Eingang, also breitbandig von 0-56MHz. Sein ADC muß demnach das gesamte Rauschband von 1 bis 6MHz ungefiltert verarbeiten. Würde man z.B. ein 40m-Bandpaßfilter, von 3,5 bis 3,9MHz ($B_{RF2}=400\text{kHz}$), vor den HF-Eingang des ColibriNANO schalten, vergrößert sich sein NPR auf

$$\text{NPR} = \text{NPR}_1 + 10\log B_{RF1}/B_{RF2} = 58\text{dB} + 11\text{dB} = 69\text{dB}$$

mit: $\text{NPR}_1 = 59\text{dB}$, $B_{RF1} = 5\text{MHz}$, $B_{RF2}=400\text{kHz}$

Literatur:

- (1) Noise Power Ratio (NPR) Testing of HF Receivers, Adam Farson, VA7OJ/AB4OJ
http://www.ab4oj.com/test/docs/npr_test.pdf
- (2) DC4KU, Empfängermessungen nach dem NPR-Verfahren, W. Schnorrenberg, DC4KU
FUNKAMATEUR 12/2017, 1/2018
- (3) Messungen mit einem HF-Rauschgenerator, W. Schnorrenberg, DC4KU
Funkamateurl/2018

Werner Schnorrenberg, DC4KU
18.01.2018
(Rev. 22.01.2018, 03.02.2018)