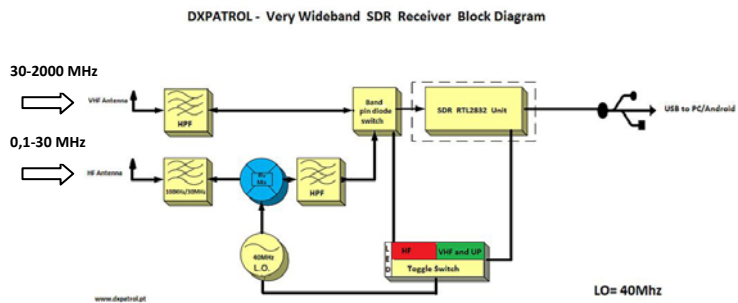


Empfindlichkeit und Rauschmaß des DX Patrol

Messung der Empfindlichkeit eines DX Patrol, 100kHz bis 2000MHz

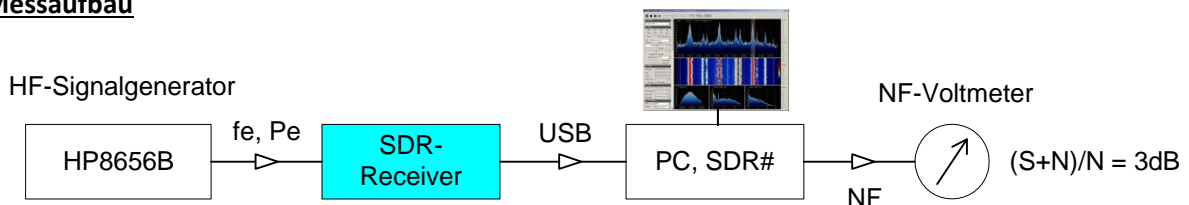


SDR Receiver DX Patrol, 100kHz-2GHz



Blockschaltbild des DX Patrol

Messaufbau



1.) Messung im HF-Bereich 0,1-30MHz

Zunächst stellt man den NF-Ausgangspegel (Ueff) ohne Signal am NF-Voltmeter auf relativ 0dB ein. Mit angeschlossenem Signal (fe) vermindert man anschließend den HF-Pegel soweit, bis die NF-Ausgangsspannung (Rauschen+Überlagerungston) am Voltmeter nur noch um 3dB - also um den Faktor 1,414 ($20\log U_2/U_1 = 3\text{dB}$) - über dem Rauschpegel liegt. Die Empfindlichkeit (S) des SDR-Receiver entspricht dann dem eingestellten HF-Pegel (Pe).

Meßsignal: fe = 7 MHz

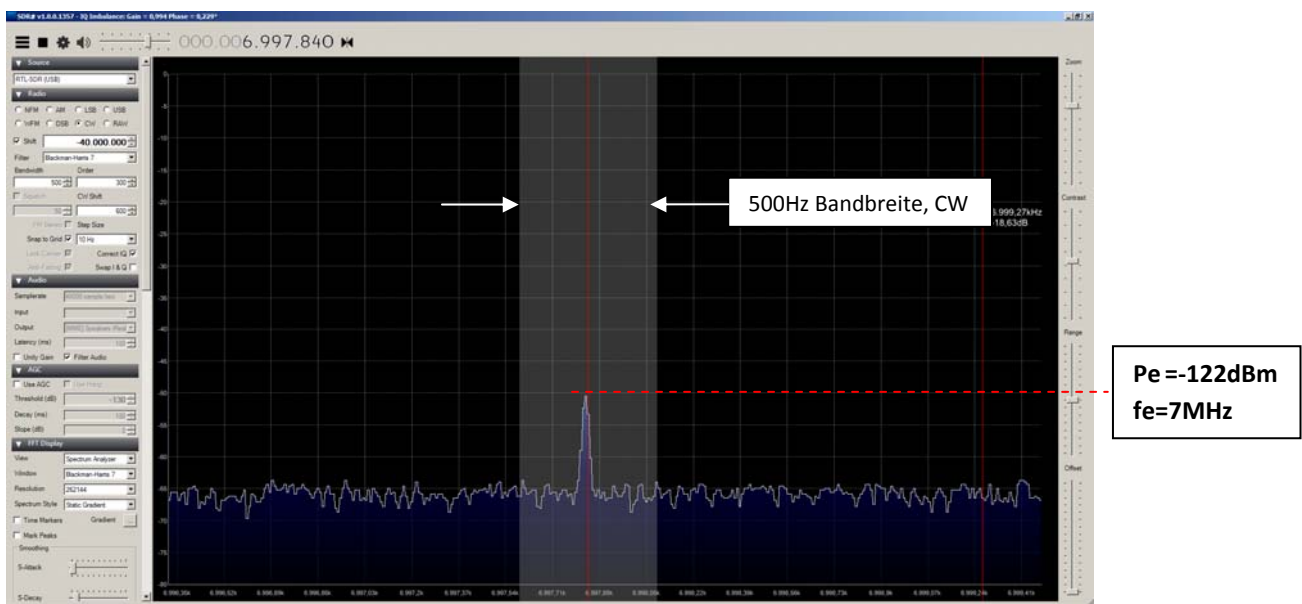


Bild 1: Signalpegel Pe=-122dBm für ein akustisches (S+N)/N = 3dB

Einstellungen in SDR#: Radio CW, Bandwidth 500Hz, FFT-Sample Rate 2.4MSPS, FFT-Display Resolution 262144, AGC off, RF Gain 49,7dB

Messergebnis:

Empfindlichkeit (S) = -122dBm (bezogen auf B=500Hz und (S+N)/N=3dB)

Bei einem Rauschgrenzwert von -174dBm/Hz und Normierung auf eine Bandbreite von 1Hz ergibt sich ein Rauschmaß (Noise Figure) von

Rauschmaß (NF) = Empfindlichkeit - Rauschgrenzwert - 10logB = (-122+174-27)dB = 25dB

Rauschzahl (F) = 316

2.) Messung im VHF-Bereich 30-2000MHz

Signal: $f_e = 145\text{MHz}$

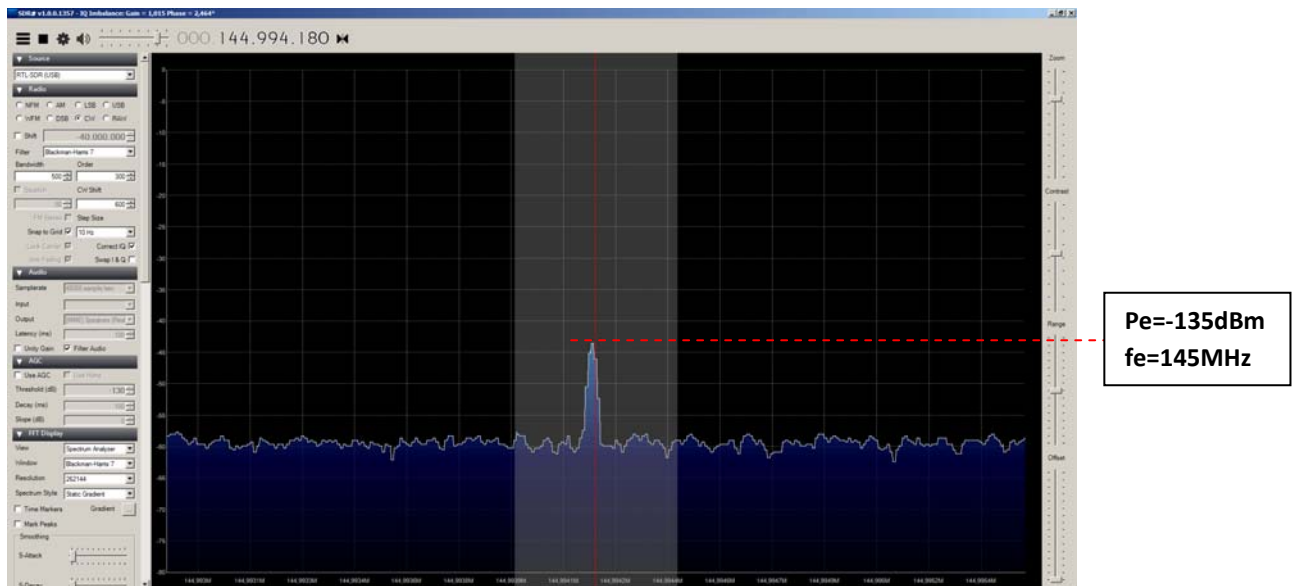


Bild 2: Signalpegel $P_e = -135\text{dBm}$ für ein akustisches (S+N)/N = 3dB

Einstellungen in SDR#: Radio CW, Bandwidth 500Hz, FFT-Display Resolution 262144, FFT-Sample Rate 2.4MSPS, AGC off, RF Gain 49,7dB

Messergebnis:

Ein Signal von -135dBm erzeugt am NF-Voltmeter ein (S+N)/N von 3dB, S=N

Empfindlichkeit (S) = -135dBm (bezogen auf B=500Hz)

Mit einem Rauschgrenzwert von -174dBm/Hz und Normierung der Bandbreite auf 1Hz ergibt sich ein Rauschmaß (NF) von

Rauschmaß (NF) = Empfindlichkeit - Rauschgrenze - 10logB = (-135+174-27)dB = 12dB

Rauschzahl = 16

Tabelle

SDR-Receiver DX-Patrol	Frequenz	Empfindlichkeit, B=500Hz	Rauschmaß
HF-Band, 100k-30MHz	7MHz	-122dBm	25dB
VHF-Band, 30-2000MHz	145MHz	-135dBm	12dB

Anmerkung zu Rauschmaß

Das relativ hohe Rauschmaß im HF- und VHF-Bereich entsteht offensichtlich durch die Einfügungsdämpfung der integrierten HF-Filter, Mischer und Pin-Dioden Switch (s. Blockschalbild des DX Patrol).

3.) Empfindlichkeit von Empfänger und FFT-Analysator

Grundsätzlich muß man zwischen einer "optischen" Darstellung eines Signals auf dem Bildschirm des FFT-Analysators (**Bild 1 und 2**) und einer "akustischen" Messung des NF-Signals (Rauschen + SSB-Überlagerungston) am NF-Ausgang des Empfängers unterscheiden. Die Signalwege für den NF-Ausgang und für die Spektralanalyse sind unterschiedlich.

Der Empfänger arbeitet mit 500Hz Bandbreite und liefert nach der "3dB-Methode" im NF-Bereich eine Empfindlichkeit von -122dBm bei 7MHz und -135dBm bei 145MHz.

Die Empfindlichkeit des FFT-Analysators ist jedoch abhängig von gewählter Abtastrate (Sample Rate) und digitaler Auflösung (Resolution). Für die Spektraldarstellung wurde eine Abtastrate von 2,4MSPS gewählt, was einer dargestellten Bandbreite von 2,4MHz entspricht. Mit einer gewählten Resolution von 262144 beträgt die spektrale Auflösung $2400000\text{Hz}/262144=9,16\text{Hz}$. Die spektrale Auflösung ist demnach 500/9,16 mal größer als in der NF, entsprechend 17,4dB.

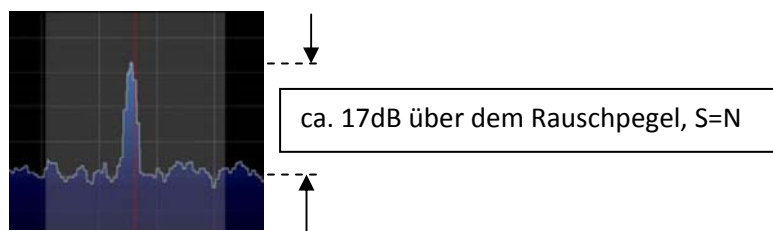


Bild 3: Signalspektrum des Analysators

Ein Signal von $S=N$ erscheint also in der Spektraldarstellung mit 17,4dB über dem Rauschpegel. Der FFT-Analysator ist in der gewählten Einstellung um 17,4dB empfindlicher als der Empfänger (**Bild 3**).

$$S (\text{Analysator}) = -140\text{dBm} - 17,4\text{dBm} = -157,4\text{dBm} \text{ (bezogen auf } 9,16\text{Hz Bandbreite)}$$

Das Rauschmaß (Noise Figure) des FFT-Analysators beträgt nach wie vor

$$NF = \text{Empfindlichkeit} - \text{Rauschgrenze} - 10\log B = (-157,4 + 174 - 9,6)\text{dB} = 7\text{dB}$$

Demnach läßt sich die Empfindlichkeit des Receivers auch direkt aus dem Spektrum des FFT-Analysators ermitteln. Bei einem SNR von 17,2dB ($B=500\text{Hz}$) entspricht die Leistung des Signals der Rauschleistung, $S=N$. Die Messung ist jedoch schwierig und oft fehlerhaft. Das Signal muß hoch gezoomt und die Spitze (der richtige Bin) über einen längeren Zeitraum, bei geringer sweep time, gesucht werden. Zur besseren Spitzenerkennung sollte das FFT-Fenster abgeschaltet werden und der

Empfänger darf während der Messung nicht driften. Eine Korrektur der verwendeten Messbandbreite muß grundsätzlich erfolgen.

4.) 3dB-Darstellung auf dem Spektrumanalysator?

Wenn man die Resolution von 262144 auf 4096 reduziert, ergibt sich eine spektrale Auflösung von $2400000\text{Hz}/4096=586\text{Hz}$ (Bin Width), die der gewählten 500Hz-Bandbreite des Empfängers in etwa entspricht. Erst in dieser Einstellung wird ein -122dBm Signal bei 7MHz in der FFT-Analyse mit ca. 3dB über dem Rauschen angezeigt (**Bild 4**). Hierbei ist jedoch zu beachten, das pro Messpunkt (Bin Width) eine Bandbreite (Fensterbreite) von über >500Hz erfasst wird und die Messgenauigkeit dadurch insgesamt abnimmt. Eine genaue Ermittlung der Empfindlichkeit ist über diesen Weg nicht möglich.

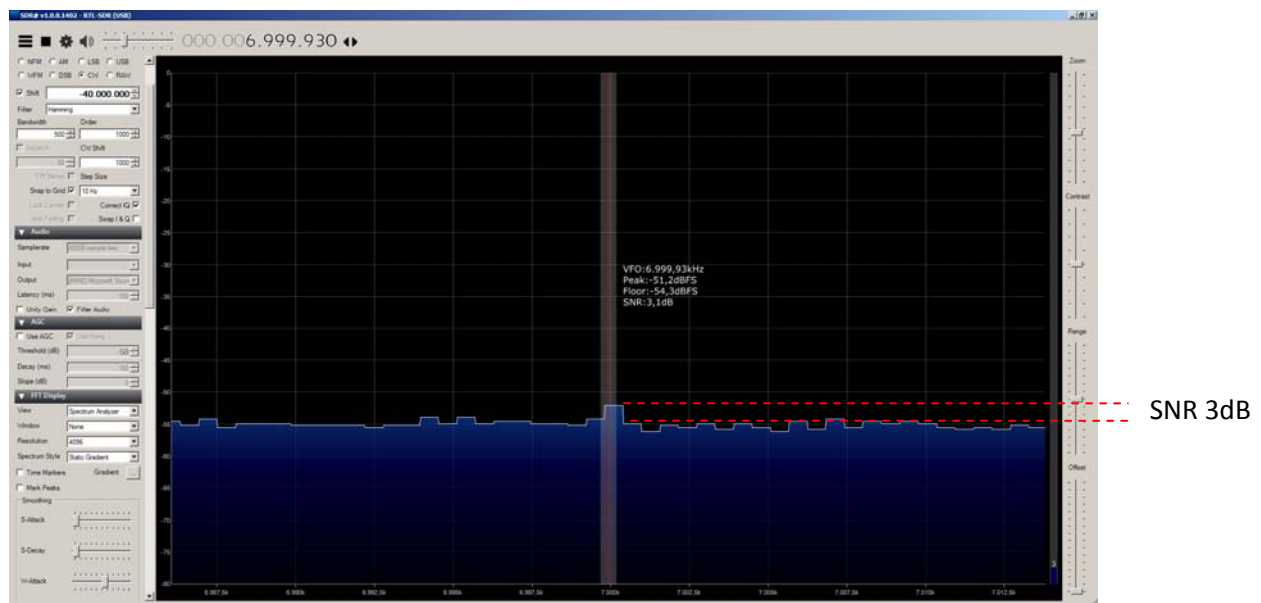


Bild 4. Signalpegel von -140dBm, gemessen mit einer Resolution von 586Hz, SNR=3,1dB

Hinweis:

Die sicherste und einfachste "Messung der Empfindlichkeit" erfolgt immer über den NF-Ausgang mit Hilfe der klassischen "3dB-Methode", wie unter 1.) und 2.) beschrieben.

Literatur

- Ein Empfänger von 24 bis 1766 MHz für 10 Franken?
Walter Schellenberg, HB9AJG
http://uska.ch/uploads/media/HBradio_13-04.pdf (Seite 31-35)
- Empfindlichkeit und Rauschmaß eine RTL SDR-Sticks
http://www.dc4ku.darc.de/Empfindlichkeit_und_Rauschmass_eines_RTL-SDR-Sticks.pdf
- Großsignalfestigkeit (IP3) eines SDR-Receiver
http://www.dc4ku.darc.de/Grosssignalfestigkeit_eines_SDR-Receiver.pdf
- Applikationen eines SDR-Receiver
<http://www.dc4ku.darc.de/Applikationen%20eines%20SDR-Receiver.pdf>

Werner Schnorrenberg
DC4KU
22.10.2015