

Messungen an einem DVB-T-Stick mit Tuner 820T2

1. Empfindlichkeit und Rauschmaß



Bild 1: "RTL-SDR.COM", DVBT-Stick RTL2832U R820T2 TCXO, 24 – 1766MHz

1.1 Einstellungen Software SDR# v1.0.0.1422

Radio: CW, Receiver-Bandwidth 500Hz, Filter Audio on, RF Gain 49,6dB, AGC off, CW Shift 1000
 FFT-Display: FFT-Sample Rate 2.4MSPS, Resolution 262144, AGC off, Windows Hamming or none,
 Smoothing von S-Attack und S-Decay auf min. Werte einstellen

1.2 Messung der Empfindlichkeit

Zur Messung der Empfindlichkeit (S) benötigt man einen HF-Generator. Ein Signal von z.B. 433MHz wird mit dem HF-Eingang des SDR-Receivers verbunden und der Receiver anschließend auf dieses Signal abgeglichen. Den Messaufbau zeigt Bild 2. Der Pegel (Pe) des HF-Generators wird dann, ausgehend von -100dBm soweit verkleinert, bis der NF-Ausgangspegel des Überlagerungstons am NF-Lautsprecherausgang des SDR-Empfängers nur noch um 3dB (Spannungsfaktor 1,414) größer ist, als der Pegel des zuvor gemessenen NF-Grundrauschens. Die Grenzemfindlichkeit eines Empfängers ist dann erreicht, wenn ein HF-Signal den Rauschpegel um 3dB übersteigt (3dB-Meßmethode).

Gemäß der Gleichung $(S+N)/N=2$ entspricht der HF-Eingangspegel dann exakt dem Pegel des Grundrauschens und damit der Empfindlichkeit des Empfängers. Im Musteraufbau ergab sich bei $f_e=435\text{MHz}$ eine Empfindlichkeit von $S = -145\text{ dBm}$, bezogen auf eine Receiver-Bandbreite (Rauschbandbreite) von 500Hz.

Empfindlichkeit (S) = -145dBm bei 435MHz (Bandbreite 500Hz)

Rauschmaß (F) = Empfindlichkeit-Rauschgrenzwert-10logBandbreite = (145-(-174)-27)dB = 2dB

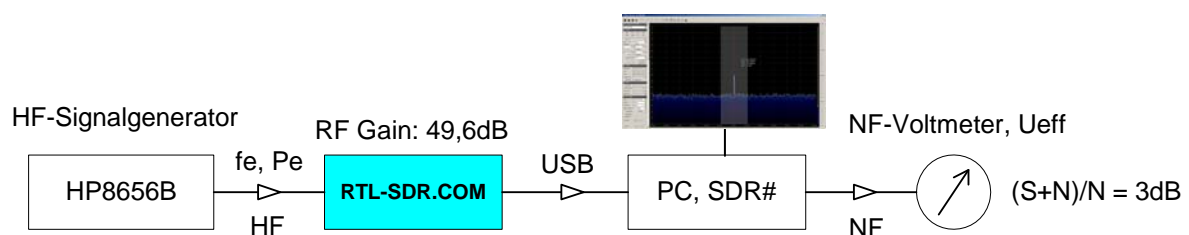


Bild 2: Messaufbau für Empfindlichkeitsmessung an SSB-Empfängern

1.3 Empfindlichkeitsmessung mit Hilfe des FFT-Ansalyators

Eine weitere Möglichkeit der Empfindlichkeitsmessung, bietet das Spektrum des FFT-Ansalyators selbst. Die spektrale Breite (Bin Width) des Ansalyators berechnet sich aus dem Verhältnis von Sample Rate zu Resolution, im Beispiel $2400000/262144 = 9,16\text{Hz}$. Setzt man die Bandbreite des Receivers ins Verhältnis zur Bandbreite des Ansalyators, erhält man einen Korrekturwert von $10\log 500/9,61=17,4\text{dB}$. Demnach ist der Ansalyator um 17,4dB empfindlicher, als der Receiver. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser Betrachtung zeigt Bild 3. Ein Signal von -145dBm bei 435MHz erzeugt am Ansalyator eine Spektrallinie von 17,4dB über Rauschen. Gegenkontrolle: Das gleiche Signal erzeugt am Lautsprecherausgang einen (S+N)/N von 2, entsprechend +3dB, s. Bild 2.

Empfindlichkeit (S) = -145dBm bei 435MHz (500Hz Bandbreite)

Rauschmaß (F) = Empfindlichkeit-Rauschgrenzwert-10logBandbreite = (145-(-174)-27)dB = 2dB

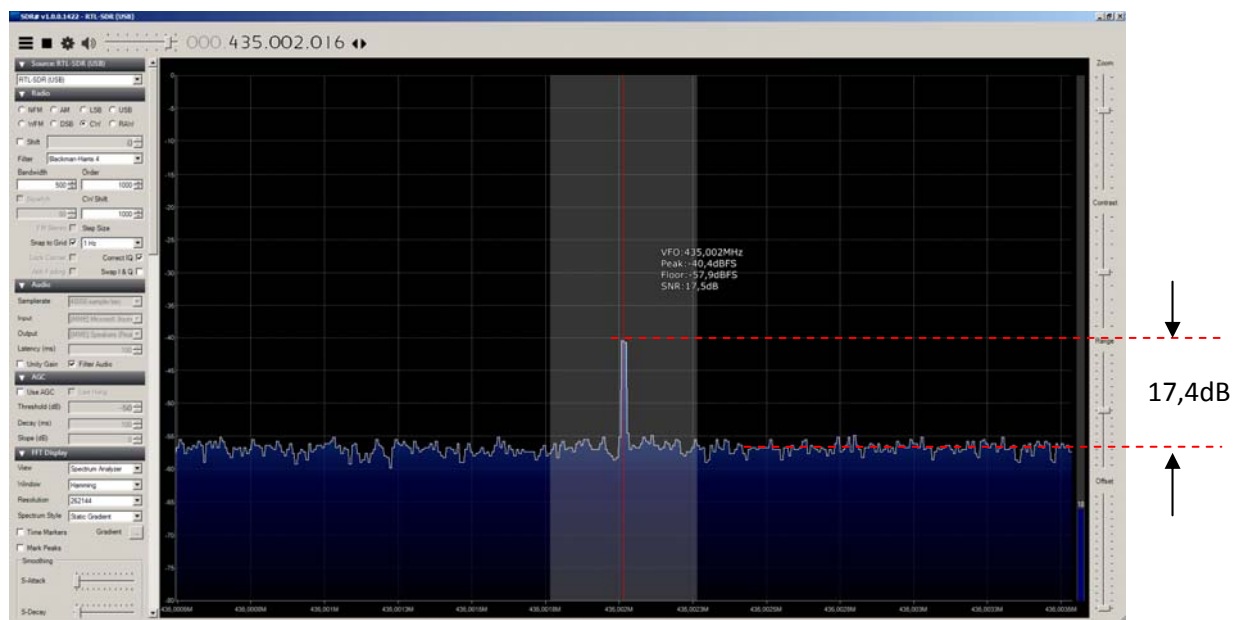


Bild 3: fe= 435MHz, Pe=S=-145dBm für SNR=17,4dB (B_{Analysator}=9,16Hz, B_{Receiver}=500Hz)

Frequenz MHz	Empfindlichkeit * dBm	Rauschmaß dB
24,9	-138	9
28,5	-139	8
145	-143	4
435	-145	2
650	-143	4
990	-140	7

* gemessen über den S/N des Ansalyator, s. Punkt 1.3

Tabelle 1: Empfindlichkeit und Rauschmaß über der Frequenz

2. DVB-T-Stick als Meßempfänger

2.1 Einstellungen der Software SDR# v1.0.0.1422

Radio: CW, Receiver-Bandwidth 500Hz, Filter Audio on, **RF Gain 0dB**, AGC off

FFT-Display: FFT-Sample Rate 2.4MSPS, Resolution 262144, AGC off, Windows Hamming

2.2 Pegelmessung

Wenn die RF-Gain auf **0dB** eingestellt wird, erreicht die Spitze der Spektrallinie eines HF-Signals bei einer Leistung von **-50dBm** die oberste, horizontale Bildschirm-Rasterlinie. Den Pegel der obersten Rasterlinie könnte man als "Referenzpegel" bezeichnen, denn er ist für (fast) alle Frequenzen gültig. Mit dem SDR-Receiver lassen sich somit auch Absolutpegel (dBm) messen und nicht nur Pegeldifferenzen (Δ dB).

In der gewählten Einstellung, kann der SDR-Stick quasi als Meßempfänger (Spektrumanalysator) verwendet werden. Als Beispiel zeigen Bild 4 und 5 Signale bei 145MHz und 435MHz, beide mit einem Pegel von -50dBm. Die Signalspitzen beider Signale sind deckungsgleich mit der obersten Horizontallinie und entsprechen damit einem gemessenen Pegel von -50dBm.

- Pegelmessbereich: -50...-110dBm, Dynamik >60dB
- Frequenzbereich: 30...990MHz (990MHz ist die obere Frequenzgrenze meines HF-Signalgenerators)
- Messfehler: +/-1dB

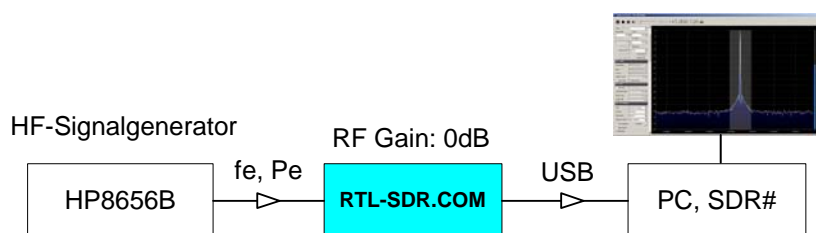


Bild 4: Messaufbau für Pegelmessung

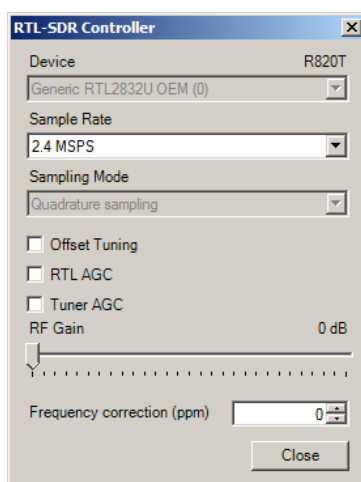


Bild 5: Einstellung RTL-SDR Controller

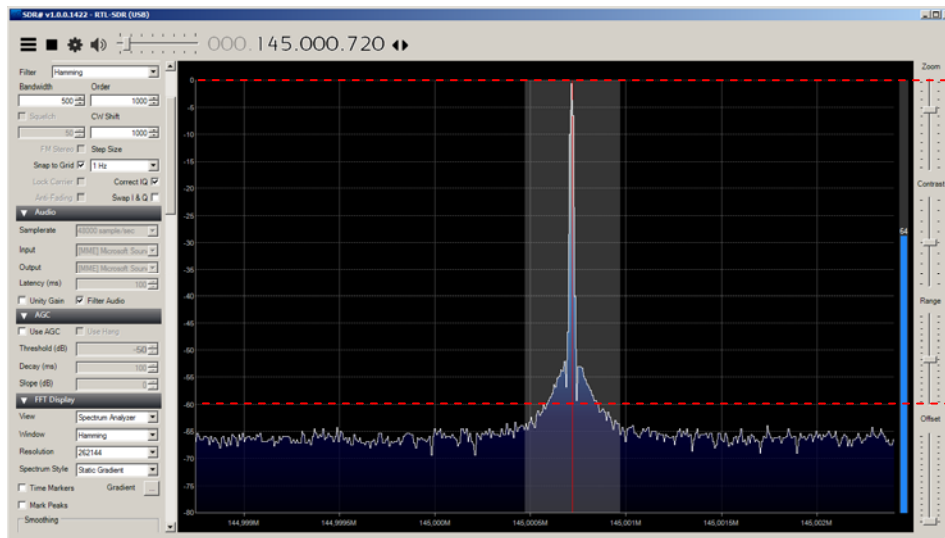


Bild 6: $f_e=145\text{MHz}$, $P_e=-50\text{dBm}$

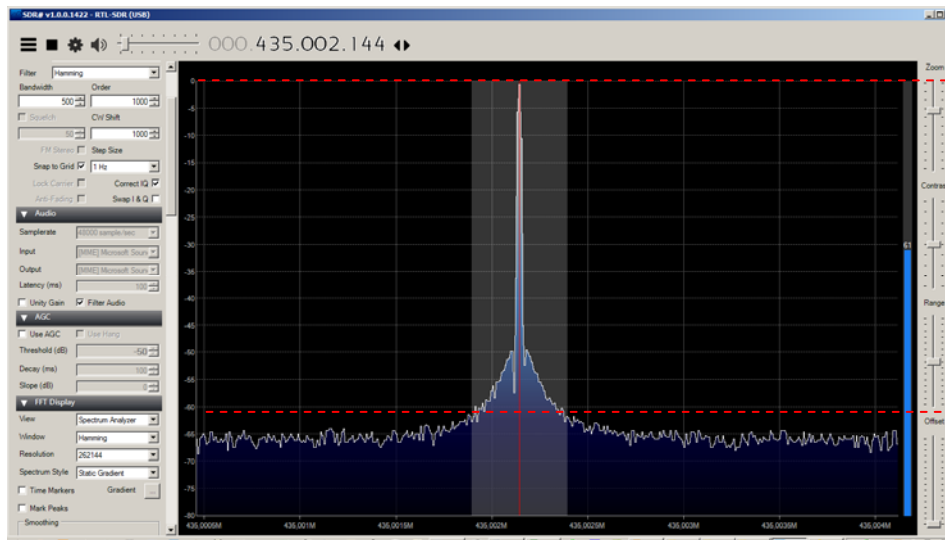


Bild7: $f_e=435\text{MHz}$, $P_e=-50\text{dBm}$

Pegelabweichung über der Frequenz

Frequenz MHz	Messwert dBm	Messfehler dB
30	-52	2
50	-52	2
100	-51	1
145	-50	0
435	-50	0
500	-50	0
600	-50	0
700	-50	0
800	-50	0
990	-52	2

Tabelle 2: Abweichung vom -50dBm Referenzpegel über der Frequenz

Tabelle 2 zeigt die Pegelabweichung eines -50dBm-Signals vom Referenzpegel = oberste, horizontale Bildschirm-Rasterlinie im Frequenzbereich von 30-990MHz.

3. Frequenzstabilität, Frequenzdrift

3.1 Messaufbau

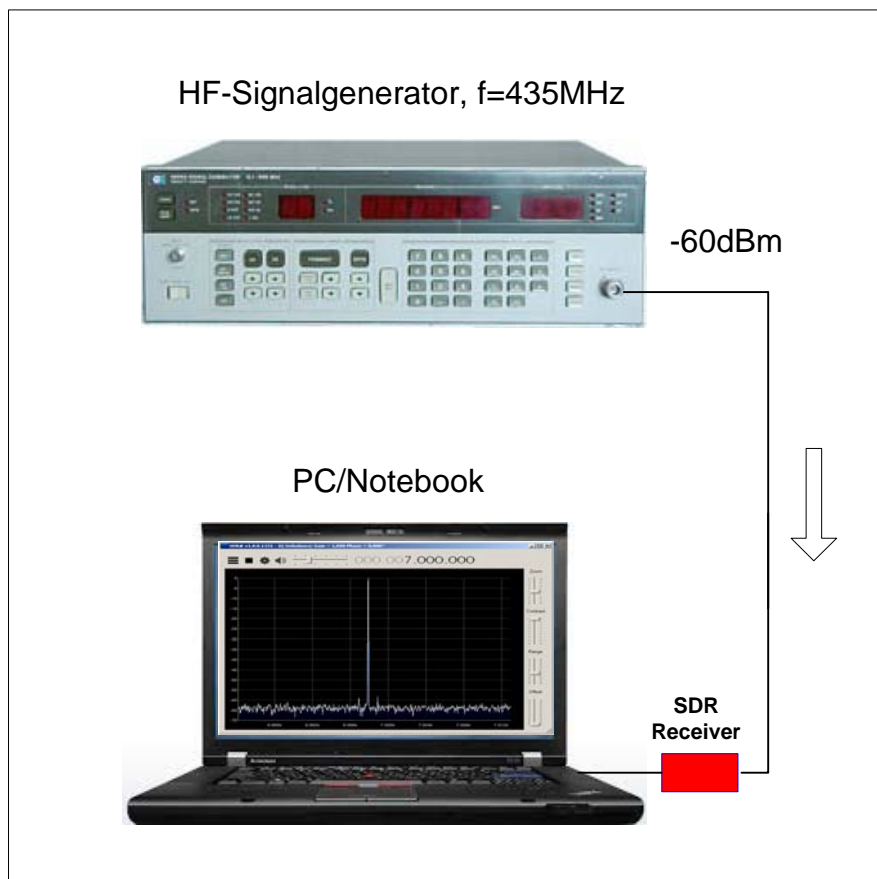


Bild 8: HF-Signalgenerator f=435MHz (CW), Pegel=-60dBm

3.2 Einstellungen SDR# Software

Frequenz 435MHz, Frequenzhub 500Hz/Div

Pegel -60dBm, Gain 0, Resolution 262122, SampleRate 2,4MSPS

3.3 Messung der Frequenzdrift

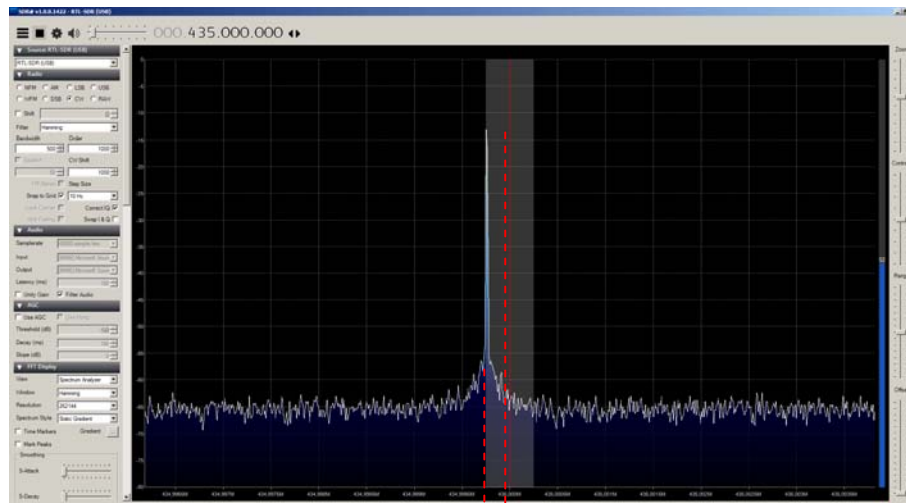
Zunächst wird die Software SDR# gestartet und eine Mittenfrequenz von 435MHz gewählt.

Anschließend reduziert man den Frequenzhub (Span) auf 500Hz/Div. Das Fenster des eingestellten Spektrums beträgt damit Mittenfrequenz 435MHz +/-3500Hz.

Anschließend verbindet man den Dongle mit HF-Generator und PC und startet SDR#. Falls sich das Signal nicht in Bildschirmmitte befindet, kann man in SDR# über "Einstellungen -> Frequency correction (ppm)" eine entsprechende Korrektur durchführen.

Der Start der einzelnen Messungen erfolgt immer bei Zimmertemperatur, d.h. die Dongels sind beim Start noch nicht erwärmt.

- Start der Messung:



Skalierung 500Hz/Div

- Drift nach 10 Minuten:

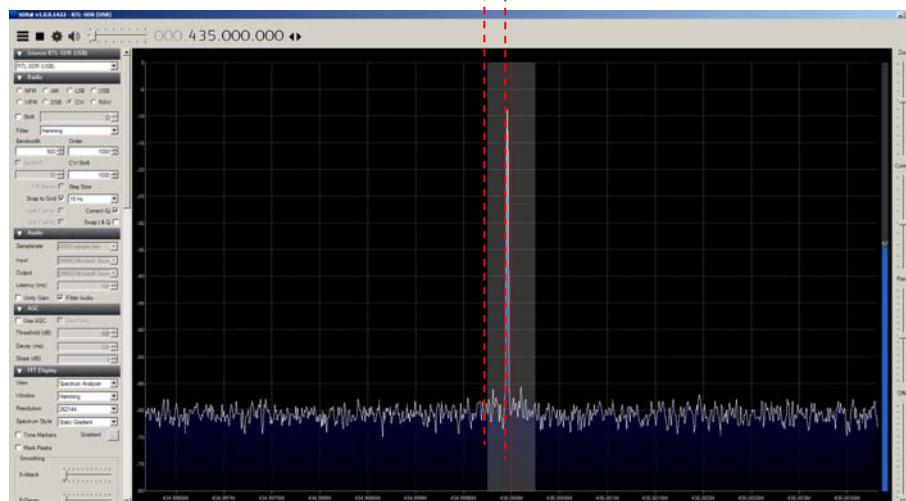


Bild 9: Frequenzdrift

Messergebnis

Die Drift beträgt nur 200Hz. Schon kurz nach dem Einschalten verläuft die Frequenzdrift sehr langsam und schon nach 5 Minuten steht das Signal still, eine weitere Drift ist nicht mehr erkennbar. Ebenso ist kein Jittern erkennbar, sehr geringes Phasenrauschen. Der eingebaute TCXO verhilft dem Stick offensichtlich zu hoher Frequenzstabilität.

Besonderheiten des RTL-SDR.com

- sehr empfindlich im 70cm-Band
- sehr geringe Frequenzdrift

Werner Schnorrenberg

DC4KU

25.10.2015

Rev. 11.11.2015, Rev. 13.01.2016