

# 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**

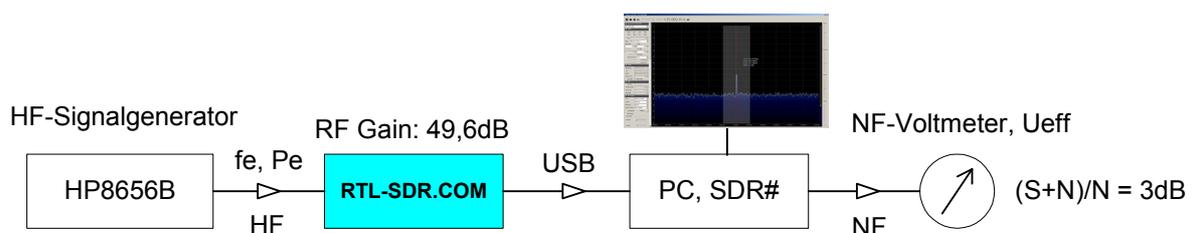


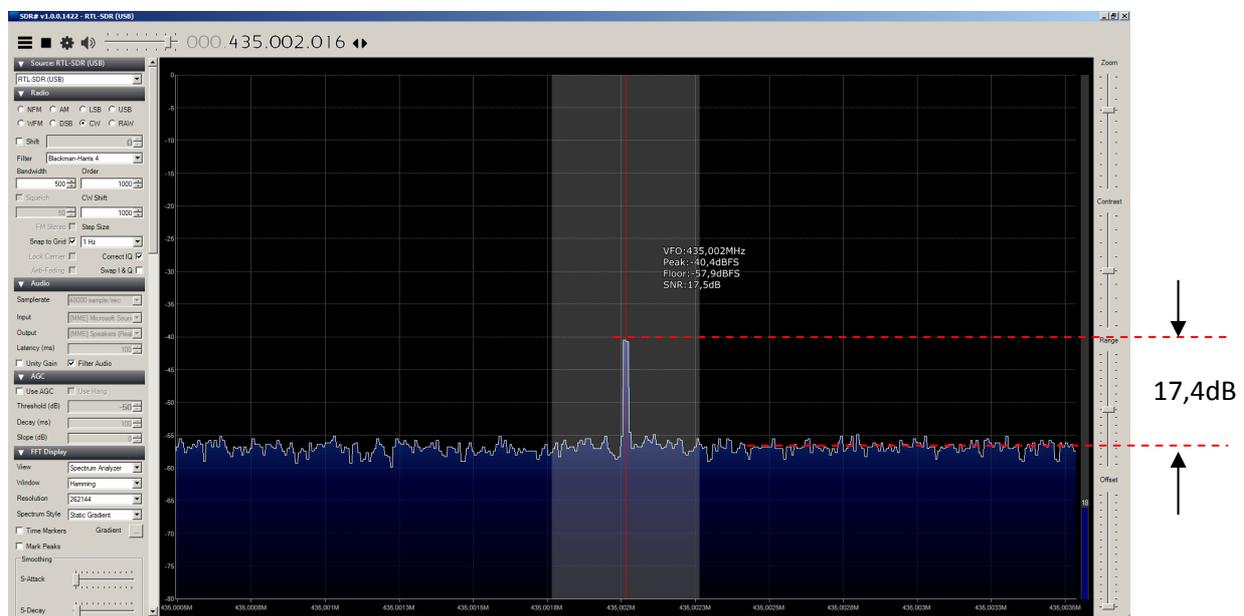
Bild 2: Messaufbau für Empfindlichkeitsmessung an SSB-Empfängern

### 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<sub>Analysator</sub>=9,16Hz, B<sub>Receiver</sub>=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 ( $\Delta$ 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

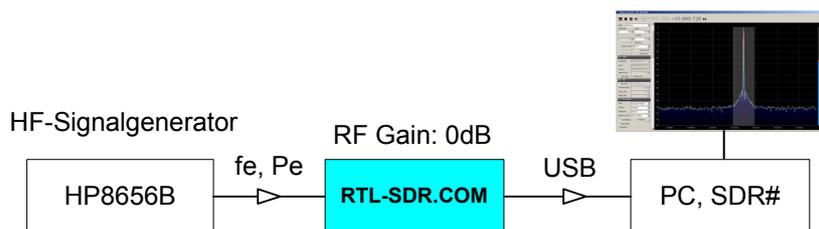


Bild 4: Messaufbau für Pegelmessung

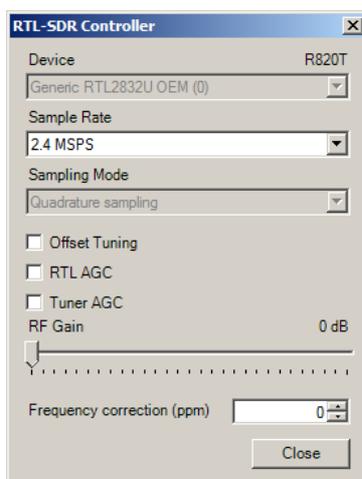
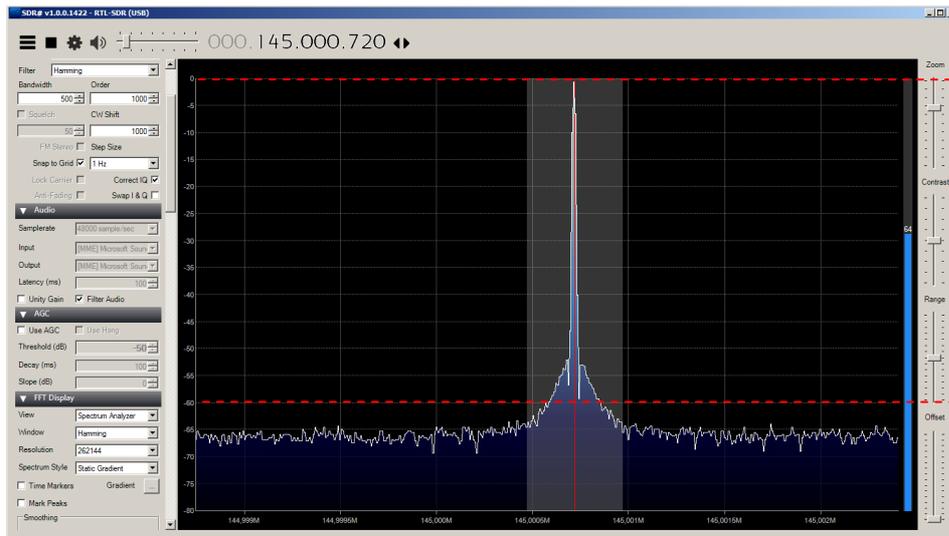


Bild 5: Einstellung RTL-SDR Controller

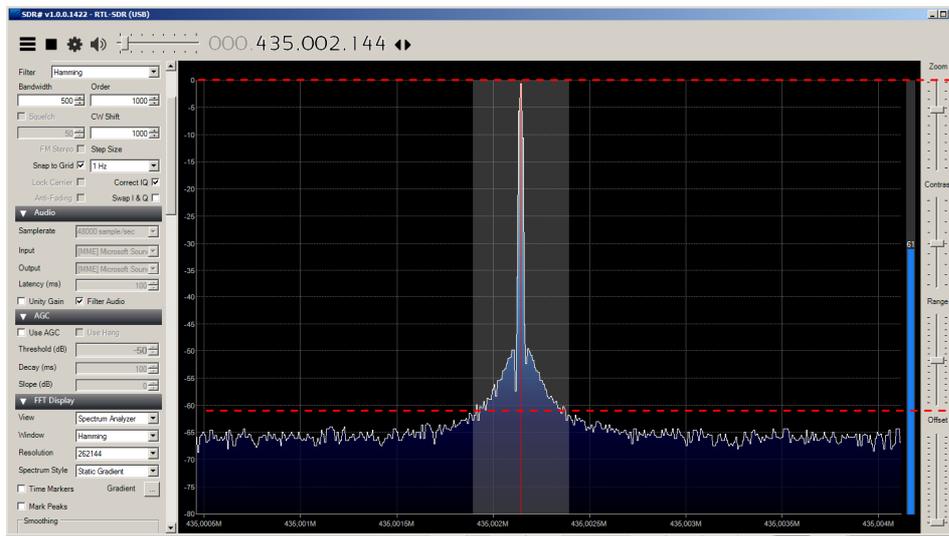


-50dBm  
Referenzpegel

Dynamik, Pegelmessbereich  
>60dB

-110dBm

**Bild 6: fe=145MHz, Pe=-50dBm**



-50dBm  
Referenzpegel

-110dBm

**Bild7: fe=435MHz, Pe=-50dBm**

**Pegelabweichung über der Frequenz**

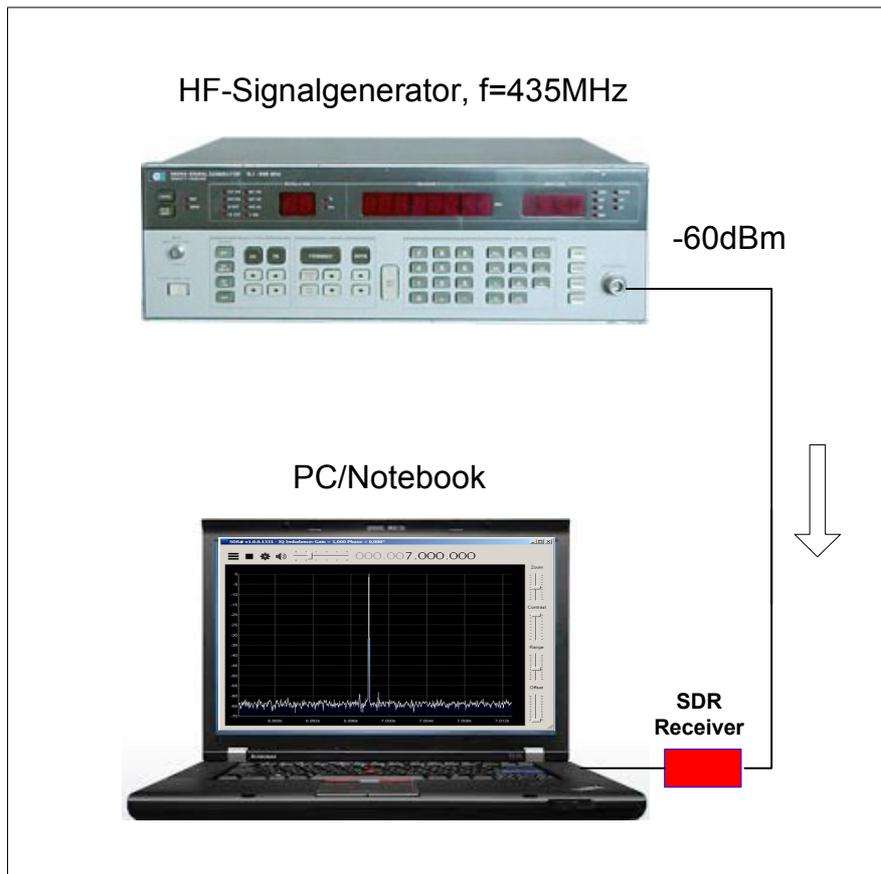
Frequenz MHz	Messwert dBm	Messfehler dB
30	-52	2
50	-52	2
100	-51	1
145	-50	0
435	-50	0
500	-50	0
600	-50	0
700	-50	0
800	-50	0
990	-52	2

**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

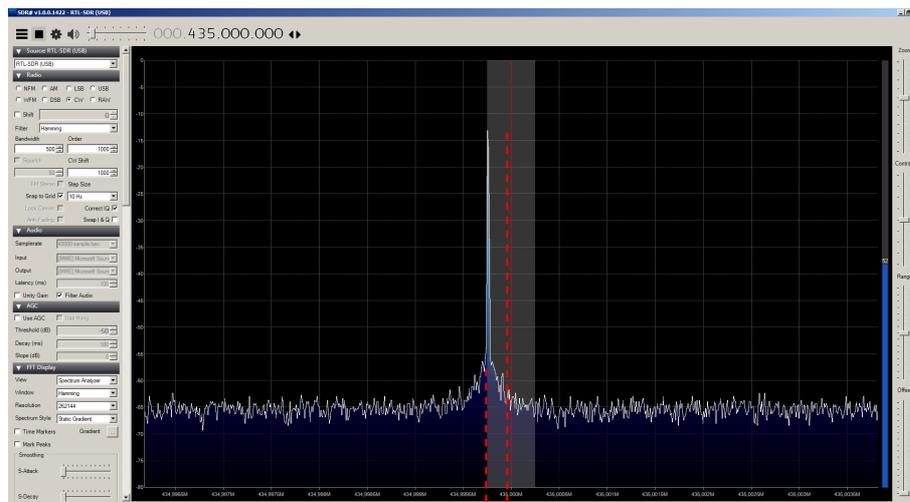
Zunächst wird die Software SDR# gestartet und eine Mittenfrequenz von 435MHz gewählt.

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.

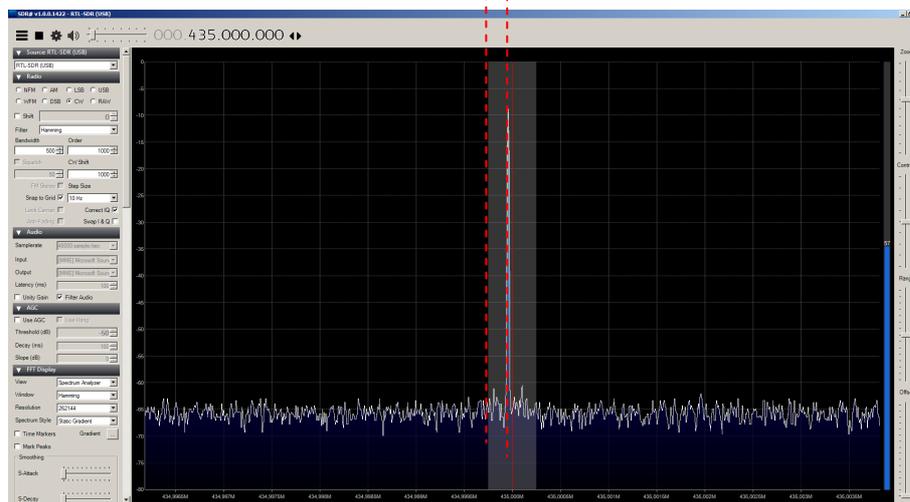
Der Start der einzelnen Messungen erfolgt immer bei Zimmertemperatur, d.h. die Dongels sind beim Start noch nicht erwärmt.

- 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