

Vergleich: DX Patrol MK2 <-> DX Patrol MK3



Bild 1: DX-Patrol MK3 (neu)

DX-Patrol MK2

Verwendete Software: SDR# v1.0.0.1402-RTL-SDR(USB)

Grundeinstellungen SDR#:

Spectrum Analyzer: Sample Rate 2,4MSPS, FFT Display Resolution 262144, AGC off, Tuner AGC off
 Receiver: Radio CW, Bandwidth 500Hz, Filter Audio on, Use AGC off, RF Gain 49,6dB oder 0dB (je nach Messung von Empfindlichkeit oder Großsignalfestigkeit)

DXPATROL - Very Wideband SDR Receiver Block Diagram

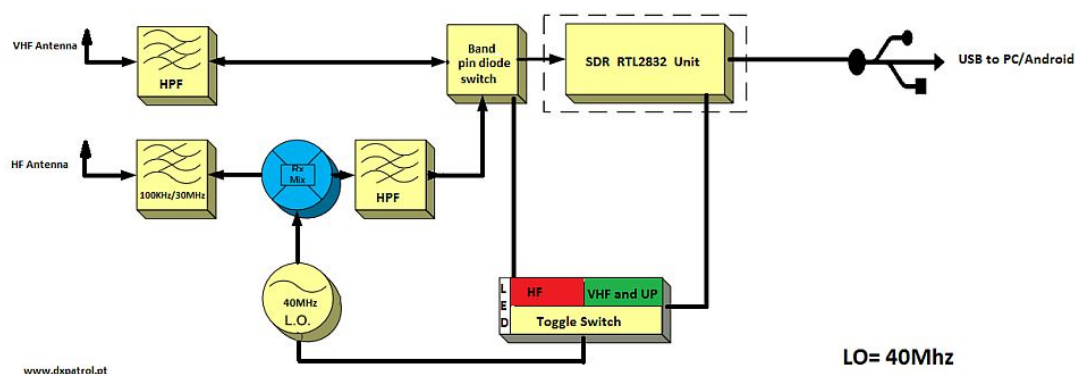


Bild 2: Blockschaltbild von DX Patrol , HF: 0,1-30MHz, VHF: 30-2000MHz

Messung von Empfindlichkeit und Grundrauschen

Messaufbau

Als Maß der Empfindlichkeit ist das Grundrauschen des Empfängers definiert. Legt man ein HF-Signal an den Empfängereingang, dessen Pegel das Empfängerrauschen um 3dB anhebt, dann entspricht die Leistung des HF-Signals nach $(S+N)/N=2$ der des Grundrauschens (N) und es gilt $S=N$. Den Messaufbau zeigt **Bild 3**. Zunächst stellt man den NF-Ausgangspegel (Rauschen, Ueff) ohne Signal am

Voltmeter auf relativ 0 dB ein. Mit angeschlossenem Signal vergrößert man anschließend den Pegel am Signalgenerator -ausgehend von -140dBm - soweit, bis die NF-Ausgangsspannung (Rauschen + 1kHz Überlagerungston) am Voltmeter um den Faktor 1,414 ($20\log U_2/U_1 = 3\text{dB}$) ansteigt. Die Empfindlichkeit (S) des SDR-Receiver entspricht dann dem HF-Pegel des Signalgenerators.

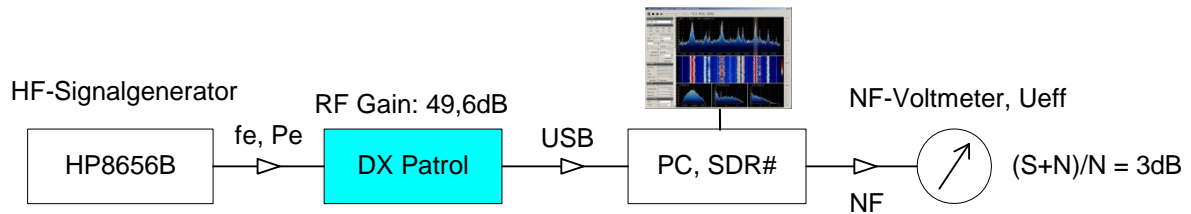


Bild 3: Messaufbau für Empfindlichkeitsmessung

Beispiel einer Empfindlichkeitsmessung bei 7MHz

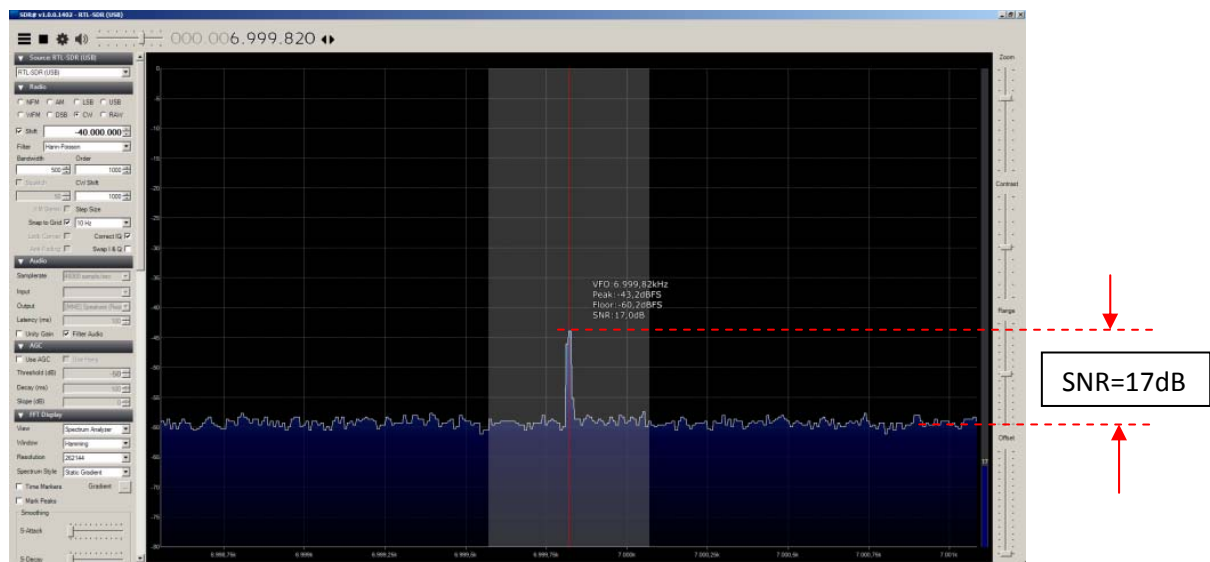


Bild 4: Ein 7MHz Trägersignal mit -122dBm auf dem Schirmbild des Spektrumanalysators

Ein 7MHz-Signal mit einer Leistung von -122dBm erzeugt am NF-Ausgang des PC's ein (S+N)/N von 3dB. Die Empfindlichkeit bzw. das Grundrauschen des DX Patrol beträgt demnach -122dBm bei 7MHz.

Dieses akustisch kaum hörbare Signal von -122dBm erzeugt am Schirmbild des Spektrumanalysators jedoch ein deutlich sichtbares Signal von ca. 17dB über Rauschen (Bild 4). Der Unterschied zwischen dem optischen (Spektrumanalyse) und akustischen (NF-Ausgang des Empfängers) Signal/Rausch-Verhältnis (SNR), liegt an den unterschiedlichen Auflösungsbandbreiten beider Signalwege. Der Empfänger arbeitet mit 500Hz Bandbreite und liefert nach der "3dB-Meßmethode" im NF-Bereich eine nachweisbare Empfindlichkeit von -122dBm bei 7MHz. Die Empfindlichkeit des FFT-Analysators ist jedoch abhängig von Abtastrate (Sample Rate) und digitalen Auflösung (Resolution). Für die Spektraldarstellung wurde eine Abtastrate von 2,4MSPS gewählt, was einer dargestellten Bandbreite von 2,4MHz entspricht. Mit einer FFT-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. Die Empfindlichkeit des Analysators ist demnach um 17,4dB höher, als die des Empfängers.

Meßergebnisse

Empfindlichkeit (S) und Rauschmaß (NF) bei B=500Hz, RF Gain = 49,6dB

DX Control MK2	7MHz	145MHz	435MHz
Empfindlichkeit S (dBm)	-122	-133	-133
Rauschmaß NF (dB)	25	14	14

DX Control MK3	7MHz	145MHz	435MHz
Empfindlichkeit S (dBm)	-122	-135	-135
Rauschmaß NF (dB)	25	12	12

Messung von Intermodulation und Großsignalfestigkeit

Der nutzbare Dynamikbereich eines Empfängers, wird in Richtung kleiner Signale durch das Grundrauschen und in Richtung großer Signale durch Auftreten von Intermodulationsprodukten (nichtlineare Verzerrungen) begrenzt. In Empfängern treten hauptsächlich IM-Störungen 2.-, 3.- und 5.-Ordnung auf. Verantwortlich hierfür ist die endliche Linearität des Empfängereingangs. Den Messaufbau für IM-Messungen mit einem HF-Doppelton-Generator zeigt Bild 5.

Verwendet werden zwei HF-Trägersignale bei $f_1=7,052\text{MHz}$ und $f_2=7,057\text{MHz}$, die abwechselnd mit den Pegeln $2x-20\text{dBm}$, $2x-14\text{dBm}$ und $2x-6\text{dBm}$ über einen RF-Power-Splitter in den HF-Eingang des SDR-Receiver eingespeist werden.

IM3-Messung mit RF Gain = 0

Wenn die **RF-Gain** auf **0dB** eingestellt wird, erreichen beide Spektrallinien bei einem Pegel von -20dBm genau die oberste, horizontale Bildschirm-Rasterlinie (Bild 6). Diese Linie bezeichne ich als "Referenzpegel", ähnlich der eines Spektrumanalysators. Übersteigen die Spektrallinien den Referenzpegel, dann besteht die Gefahr, dass sie außerhalb der linearen Übertragung des Receivers liegen und Klirrfaktor und Intermodulation erzeugen.

Messaufbau

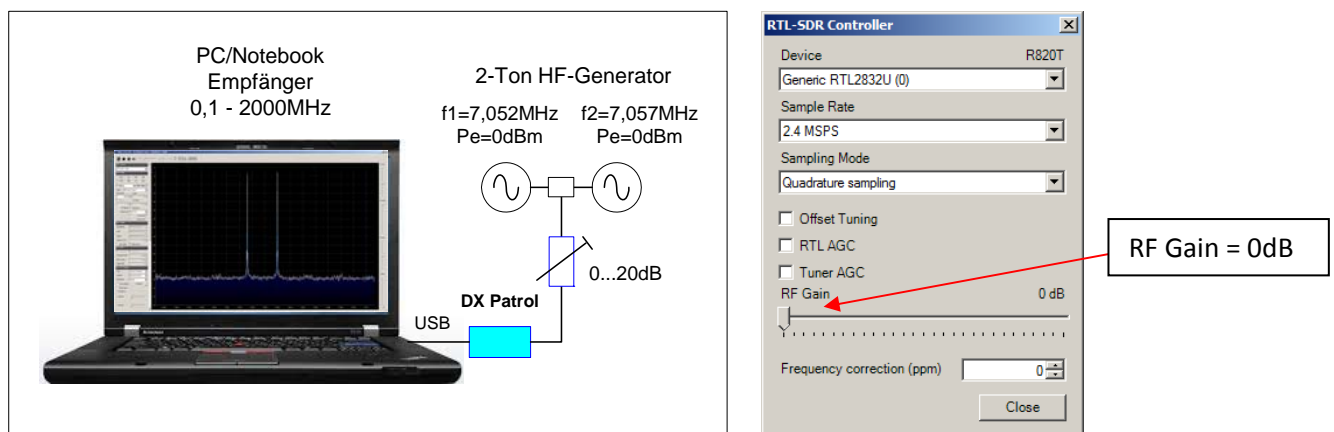


Bild 5: Messaufbau für IM3-Messung

Bei zwei Signalen f1, f2 (Bild 6) mit jeweils -20dBm Leistung sind keine Intermodulationsstörungen erkennbar. Der sichtbare, verzerrungsfreie Dynamikbereich beträgt ca. 65dB.

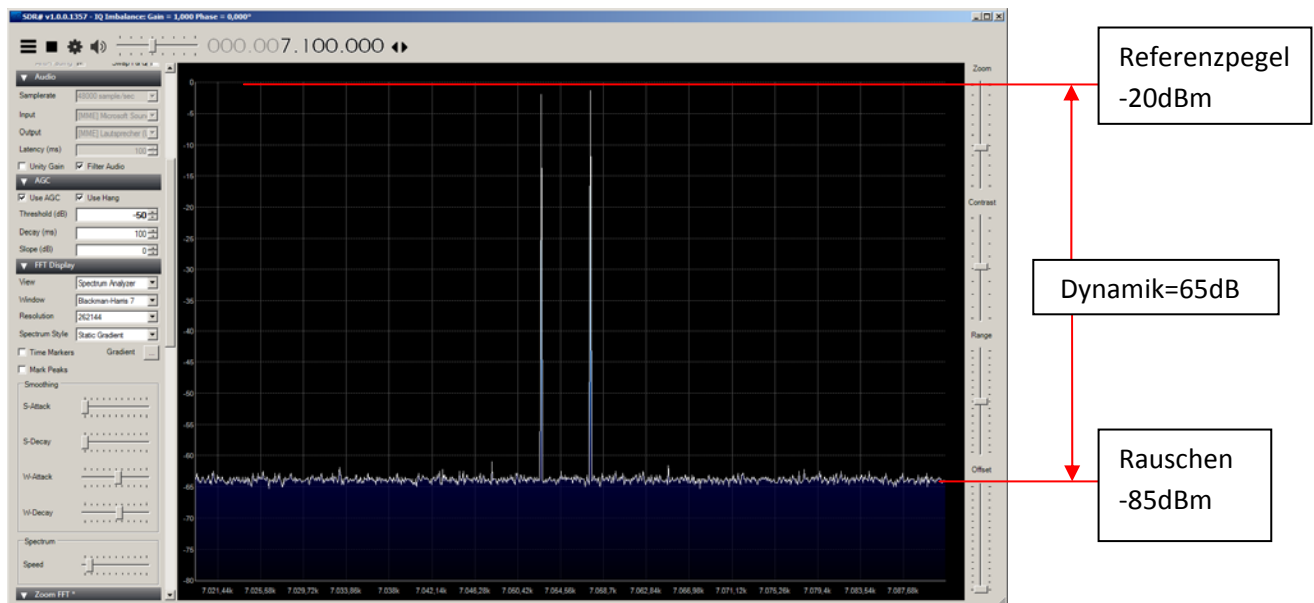


Bild 6: $P_e=2x-20\text{dBm}$, $f_1=7,052\text{MHz}$, $f_2=7,057\text{MHz}$, RF Gain=0, keine IM-Produkte erkennbar

Anschließend werden beide Signale so weit erhöht, bis Intermodulationsstörungen deutlich erkennbar sind, im Beispiel (Bild 7) haben beide Nutzsignale einen Pegel von -6dBm. Bei diesem Pegel sind Intermodulationsstörungen 3., 5. und 7. Ordnung zu erkennen. Die stärksten Störsignale erzeugt das Intermodulationsprodukt 3. Ordnung (IM3-Signal), mit einem Abstand zu den Nutzprodukten von $\Delta IM_3 = -6\text{dBm} - (-48\text{dBm}) = 42\text{dB}$.

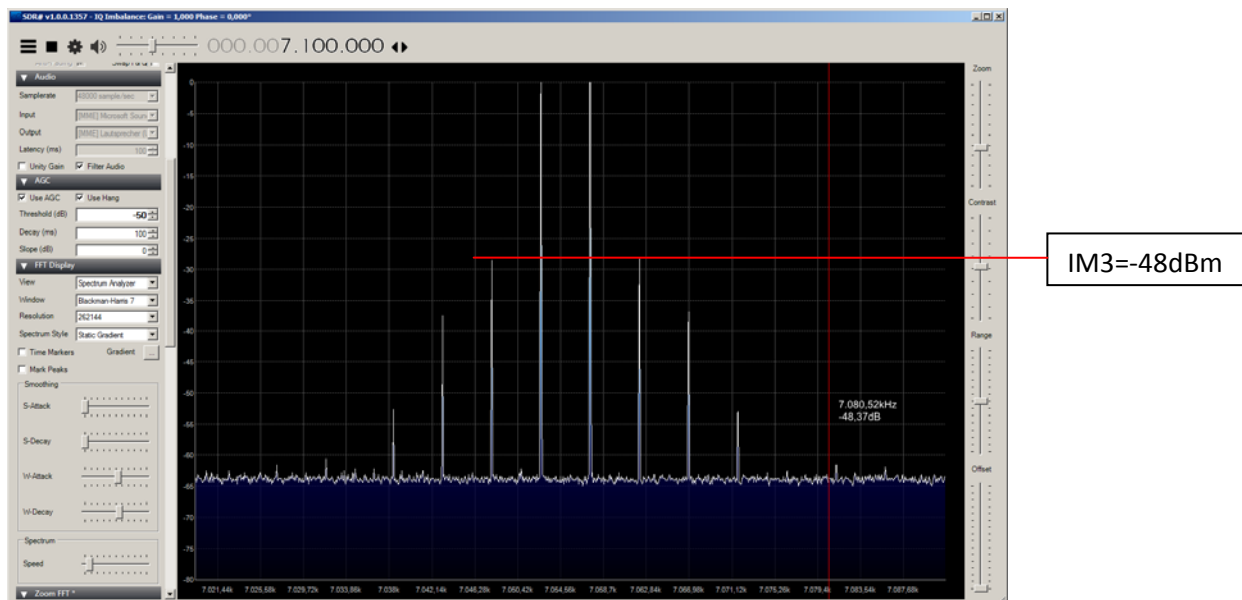


Bild 7: $P_e=2x-6\text{dBm}$, $f_1=7,052\text{MHz}$, $f_2=7,057\text{MHz}$, starke IM, Übersteuerung um 14dB

Aus den gewonnenen Messwerten in Bild4, berechnet sich der Intercept-Point 3. Ordnung (IP3) zu

$$IP_3 = \Delta IM_3 / 2 + P_e = 42\text{dB} / 2 - 6\text{dBm} = +15\text{dBm}$$

Lt. Definition ist die obere Grenze der Aussteuerung ($P_{e \max}$) dann erreicht, wenn die Intermodulationsprodukte die Leistung des Grundrauschens (S) erreichen. Bei einem Grundrauschen von -85dBm ergibt sich eine maximale, verzerrungsfreie Aussteuerung von

$$P_{e \max} = 1/3 \cdot (2 \times IP_3 + S) = 1/3 \cdot ((2 \times 15\text{dB} + (-85\text{dBm})) = -18,3\text{dBm}$$

und ein verzerrungsfreier Dynamikbereich von

$$\text{Dynamik} = P_{e \max} - S = -18,3 - (-85) = 66,7\text{dB}$$

IM3-Messung mit RF Gain = 49,6dB

Bei Erhöhung der RF Gain von 0 auf +49,6dB, steigt die Empfindlichkeit des Referenzpegels von -20dBm auf -70dBm an. Der SDR-Receiver arbeitet jetzt mit hoher HF-Vorverstärkung und ein Doppeltontsignal von $2 \times 46\text{dBm}$ verursacht bereits sichtbare Intermodulationsstörungen (Bild 9).

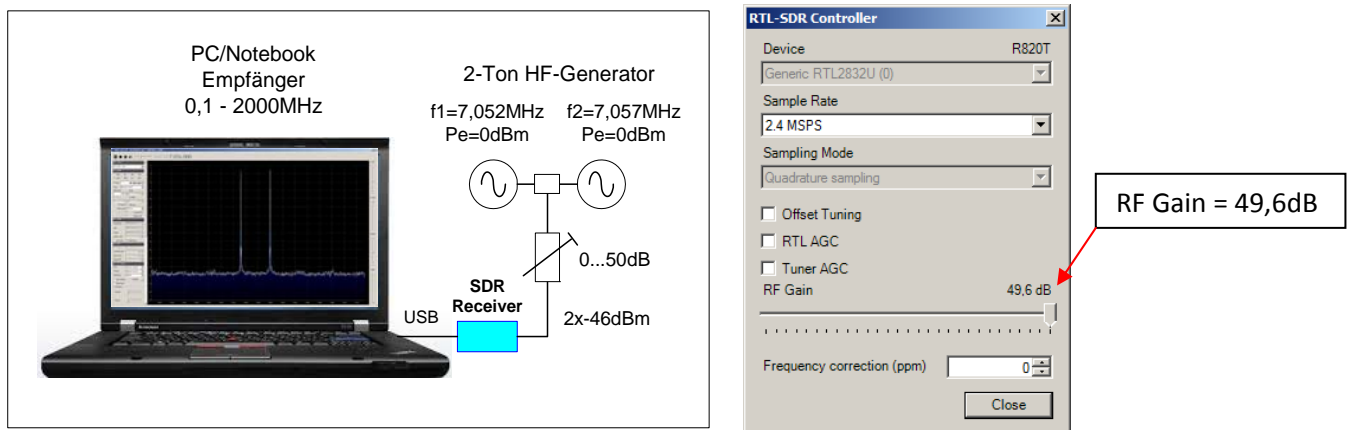


Bild 8: Messaufbau für IM3-Messung und Grundeinstellung des SDR-Controller, RF Gain = 49,6dB

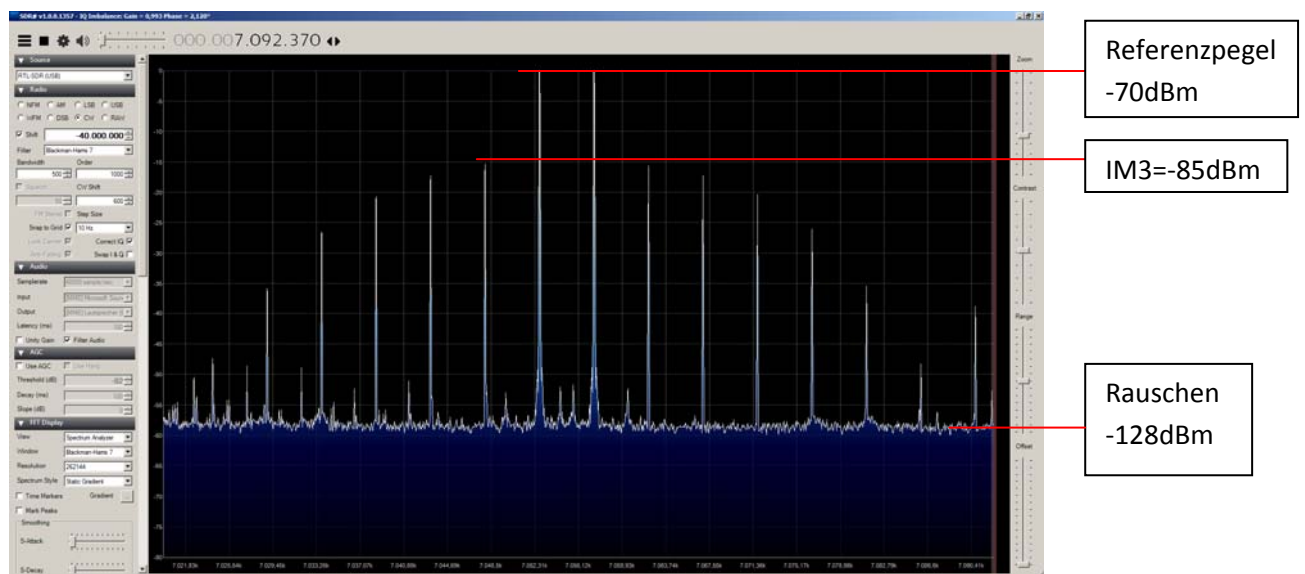


Bild 9: $P_e = 2 \times 46\text{dBm}$, $f_1 = 7,052\text{MHz}$, $f_2 = 7,057\text{MHz}$, RF Gain=49,6dB, Übersteuerung 24dB!

Die stärkste Störung erzeugt das IM₃-Signal, mit einem Abstand zu den Nutzprodukten von nur noch

$$\Delta IM_3 = -49\text{dBm} - (-85\text{dBm}) = 36\text{dB}$$

Daraus berechnet sich der Intercept-Point 3. Ordnung (IP₃) des SDR-Receiver zu

$$IP_3 = \Delta IM_3 / 2 + P_e = 36\text{dB} / 2 - 46\text{dBm} = -28\text{dBm}$$

Der max. Eingangspegel für IM-freien Empfang beträgt

$$P_{\text{max}} = 1/3 \cdot (2 \times IP_3 + S) = 1/3 \cdot ((2 \times -28\text{dB} + (-128\text{dBm}))) = -61\text{dBm}$$

und die daraus resultierende Dynamik des Spektrumanalysators beträgt

$$\text{Dynamik} = P_{\text{e,max}} - S = -61\text{dB} - (-128\text{dB}) = 67\text{dB}$$

Meßergebnisse

IP₃ und Großsignalverhalten mit RF-Gain = 0 dB

f₁=7,052MHz, f₂= 7,057MHz, Δf=5kHz

DX Control MK2	IP ₃	max. Input	max. Dynamik
40m-Band	+15dBm	-18dBm	67dB

DX Control MK3	IP ₃	max. Input	max. Dynamik
40m-Band	+15dBm	-18dBm	67dB

IP₃ und Großsignalverhalten mit RF-Gain = +49,6dB

f₁=7,052MHz, f₂= 7,057MHz, Δf=5kHz

DX Control MK2	IP ₃	max. Input	max. Dynamik
40m-Band	-28dBm	-61dBm	67dB

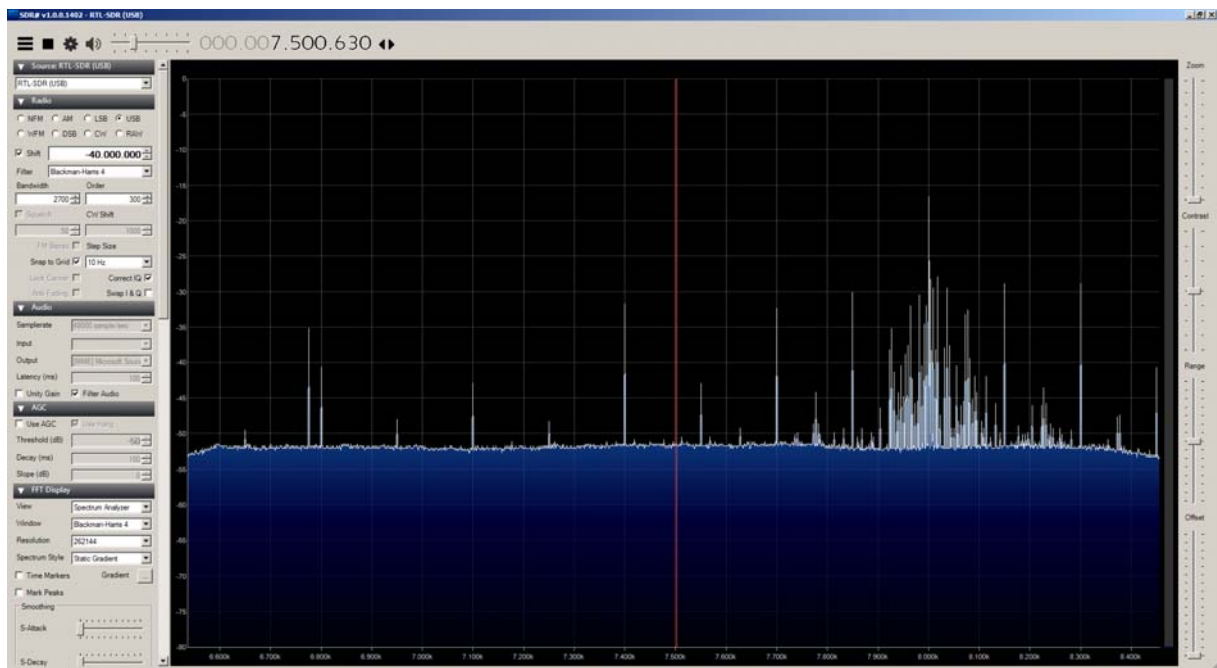
DX Control MK3	IP ₃	max. Input	max. Dynamik
40m-Band	-28dBm	-61dBm	67dB

Störungsfreier dynamischer Bereich (Spurious Response)

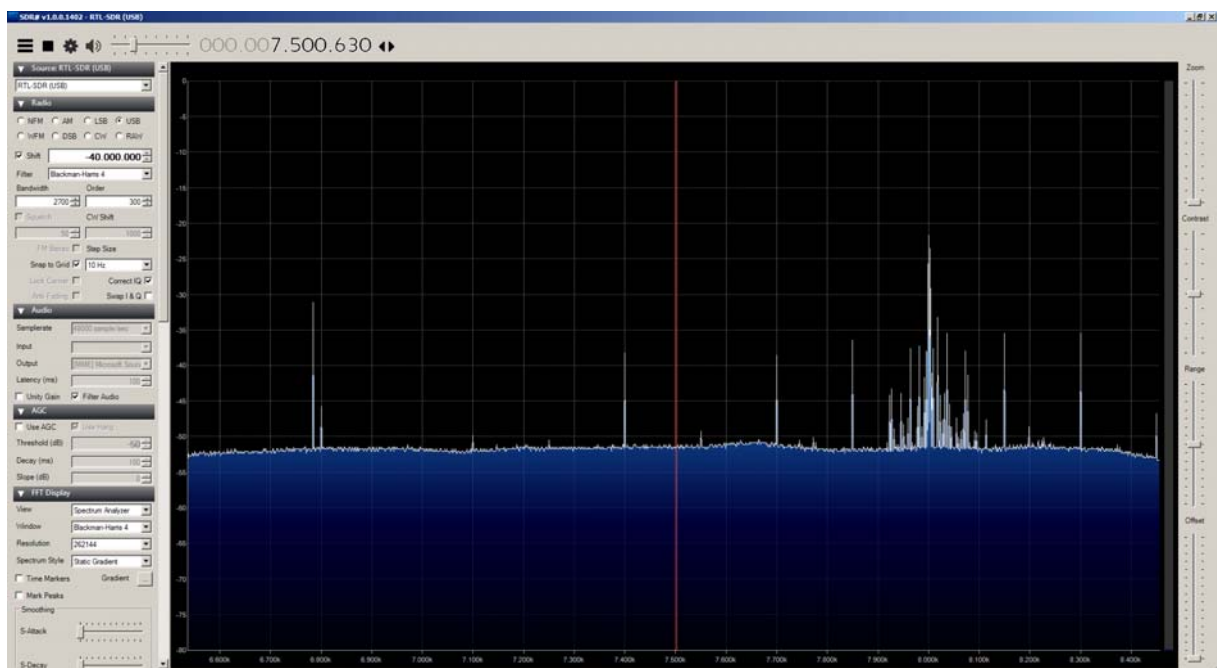
Die nachfolgenden Bilder sollen im Vergleich den störungsfreien Dynamikbereich der beiden Versionen DX Patrol-MK2 und MK3 in verschiedenen Frequenzbereichen (40m, 2m und 70cm) zeigen.

Einstellungen: HF-Eingang mit 50 Ohm abgeschlossen, Gain 49,7dB, AGC off, Resolution 262144, Sample Rate 2,4MSPS

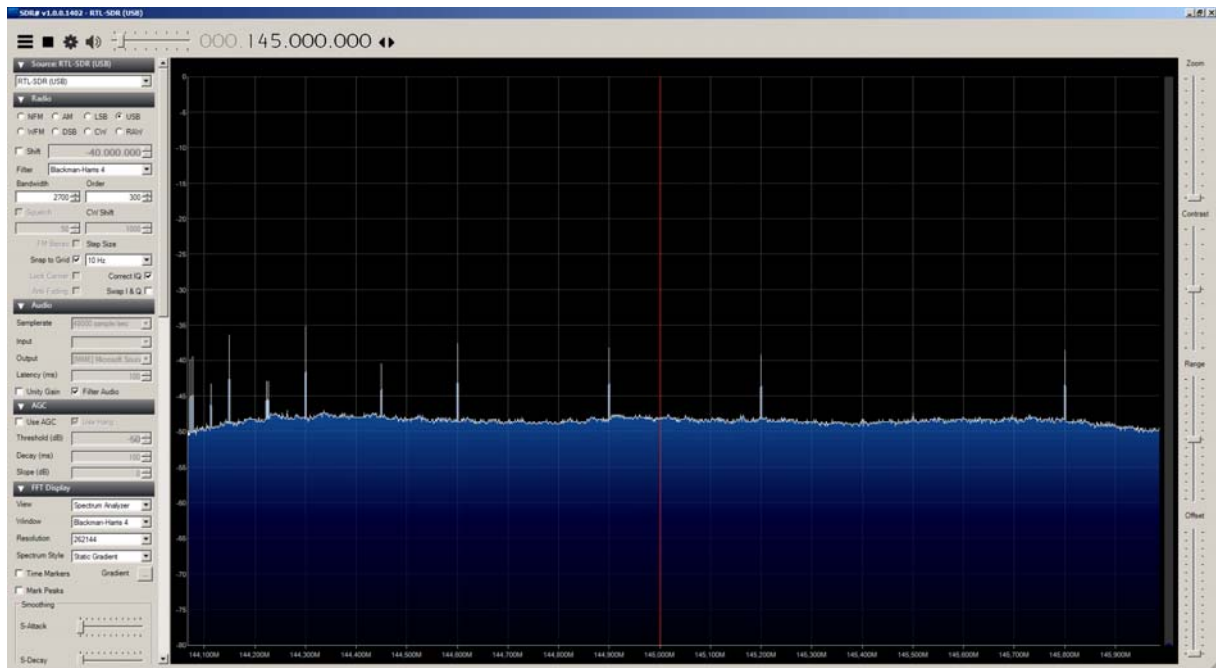
7,5MHz +/-1MHz, DX Patrol-MK2



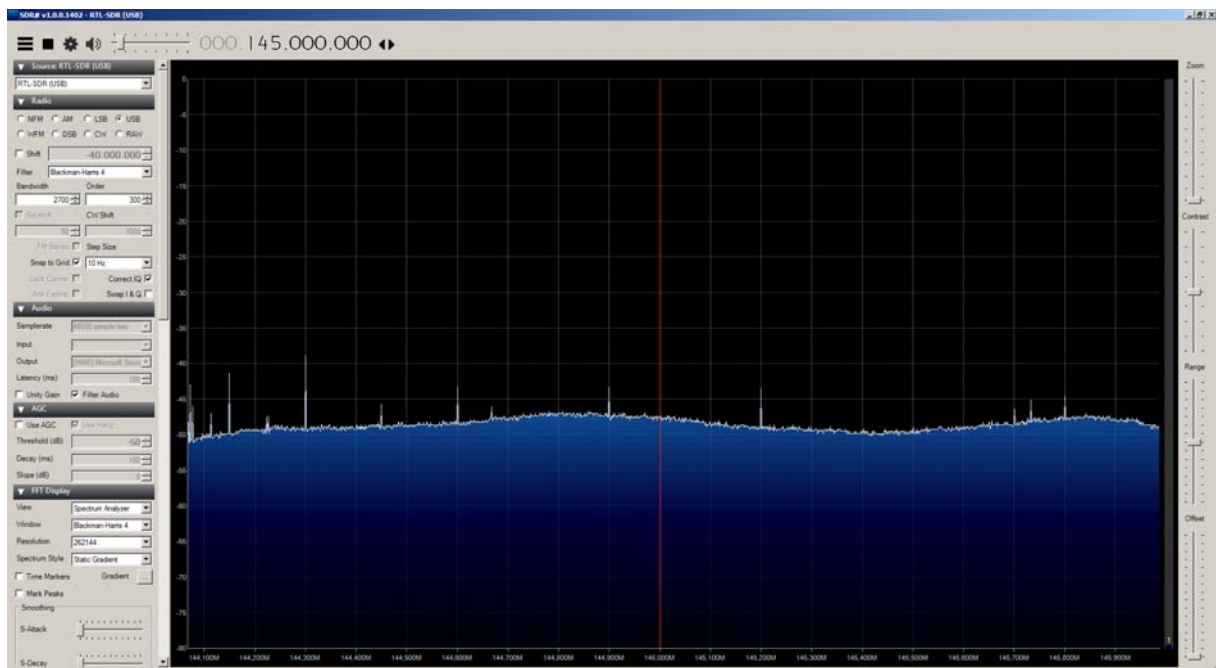
7,5MHz +/-1MHz, DX Patrol-MK3

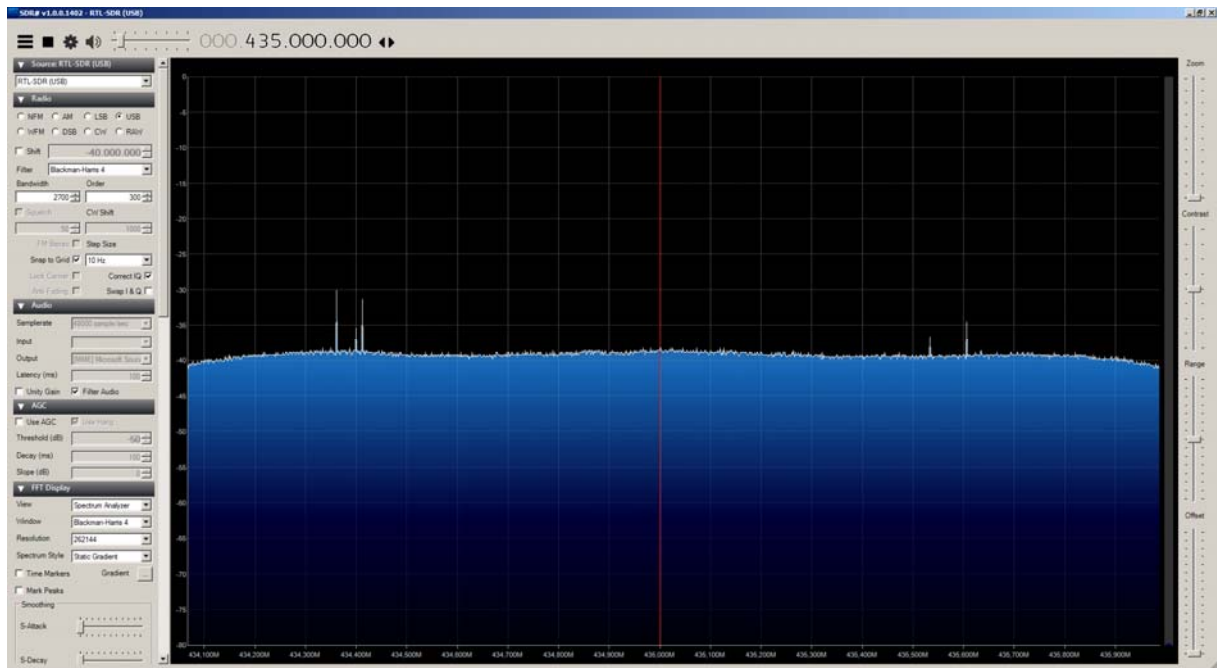
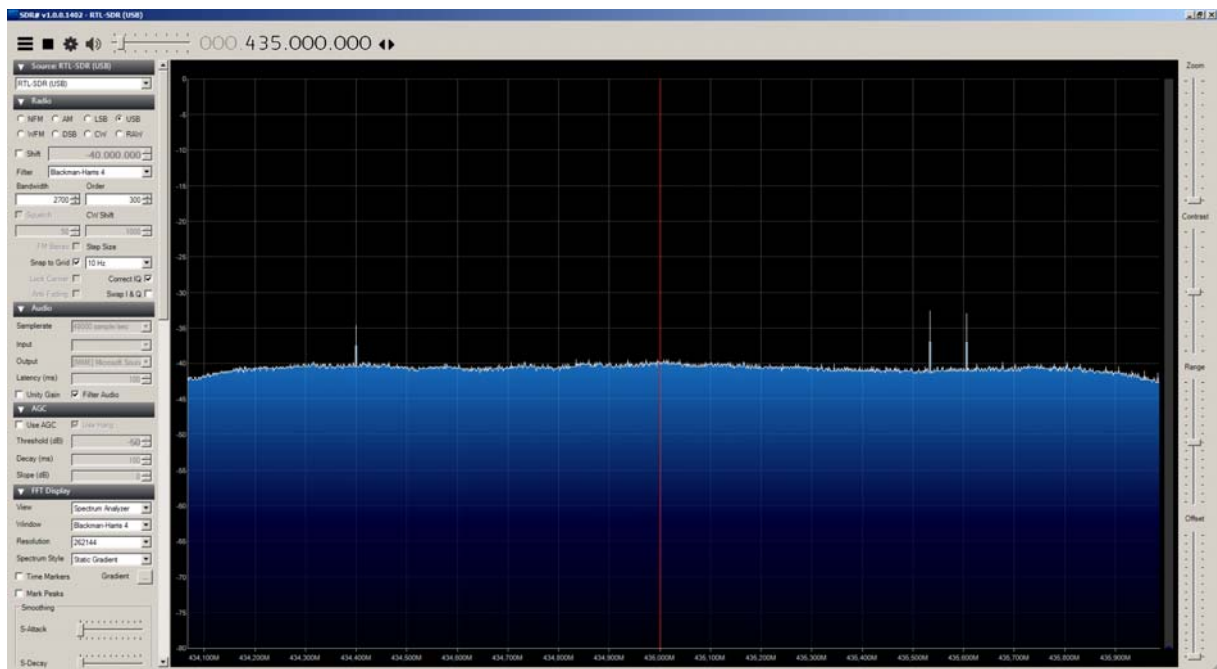


145MHz +/-1MHz, DX Patrol-MK2



145MHz +/-1MHz, DX Patrol-MK3



MK2 435MHz +/-1MHz, DX Patrol-MK2**435MHz +/-1MHz, DX Patrol-MK3****Ergebnis:**

Der DX-PATROL MK3 erzeugt etwas weniger Störsignal, mit geringeren Amplituden. Anscheinend wurde dies durch verbesserte TP-/HP-Filter erreicht.

Werner Schnorrenberg
DC4KU
20.10.2015