

Airspy HF+ Discovery - Test



Der Airspy HF-Discovery ist das Nachfolgemodell des Airspy HF+. Die wesentlichen Änderungen sind kleinere Abmessungen, ein Gehäuse aus Plastik und nur ein HF-Eingang. Aufgrund der Einsparungen kostet der neue SDR ca. € 40 weniger als sein Vorgänger. Nachfolgend soll der Receiver nur in seinen wesentlichen HF-Eigenschaften, wie Empfindlichkeit und Großsignalverhalten, getestet werden.

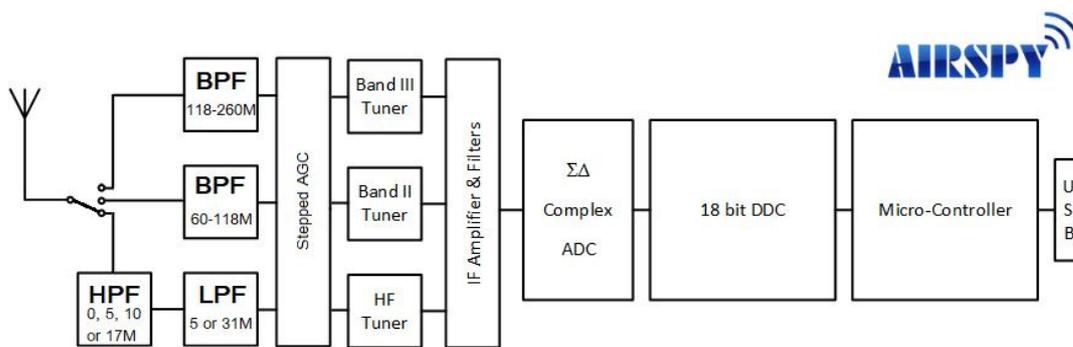


Bild 1: Blockschaltbild des Airspy HF+ Discovery

Installation

Die aktuelle Software "Windows SDR Software Package (SDR#)" von <https://airspy.com/download/> herunterladen und auf einem PC (Win 7, 8, 10) installieren. Anschließend den Airspy HF+ Discovery über seine USB-Schnittstelle mit dem PC verbinden. Der PC installiert dann automatisch einige Gerätetreiber, was einige Sekunden dauert.

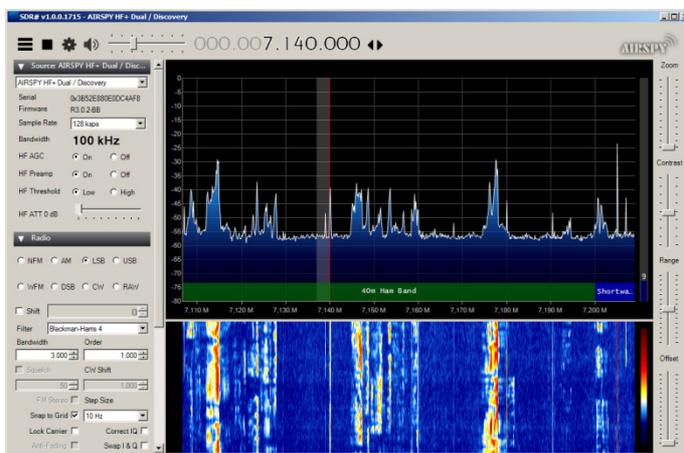


Bild 2: Schirmbild am PC im 40m-Band

Anschließend das installierte Programm "SDR#" öffnen, unter *Source* den *AIRSPY HF+ Discovery* anwählen und starten (**Bild 2**). Die Installation geht ausgesprochen einfach und schnell, zusätzliche Treiber müssen nicht installiert werden.

Empfindlichkeit (MDS)

Hierzu wird der Eingang des Empfängers mit einem Messsender verbunden und dessen Pegel (P_e) soweit verkleinert, bis das NF-Ausgangssignal einen Zuwachs von $(S+N)/N = 3dB$ erreicht. Dann entspricht das Eingangssignal der Empfindlichkeit (dem Grundrauschpegel) des Empfängers. **Bild 4** zeigt die Messung der Empfindlichkeit bei $f_e=7.1MHz$, sie beträgt $-142dBm@500Hz$ entsprechend einem Rauschmaß (NF) von 5dB.

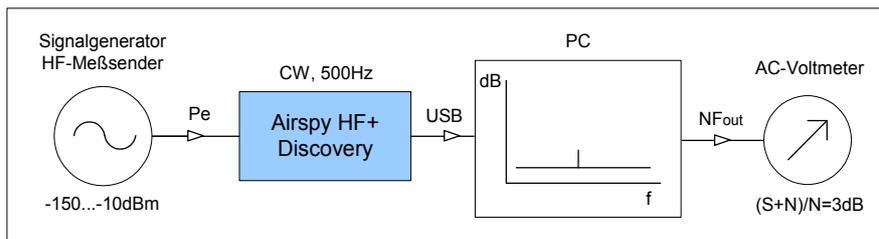


Bild 3: Messaufbau zur Ermittlung der Empfindlichkeit

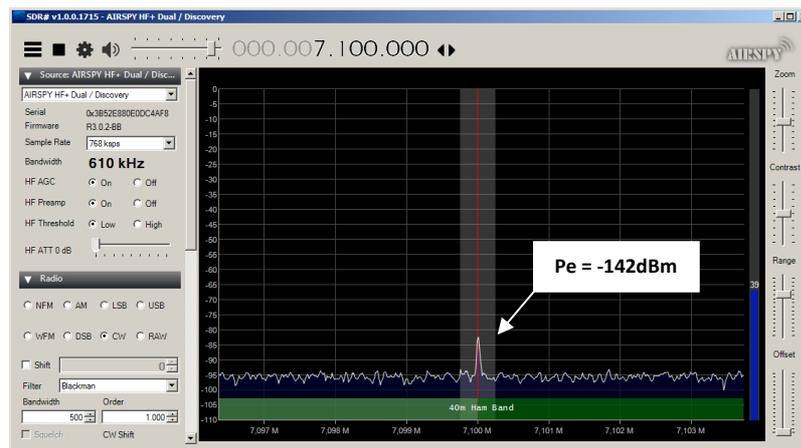


Bild 4: Signal mit $(S+N)/N=3dB$ über Rauschen, Empfindlichkeit (MDS) = $-142dBm@500Hz$

Frequenz	3.6MHz	7.1MHz	14.1MHz	21.3MHz	28.3MHz	145MHz
MDS	-142dBm	-142dBm	-141dBm	-141dBm	-142dBm	-143

Tabelle 1: Empfindlichkeit (MDS), Bandbreite =500Hz

Mit einem Rauschgrenzwert von $-174dBm/Hz$, berechnet sich das Rauschmaß (Noise Figure) zu

Noise Figure = MDS - Rauschgrenzwert - $10\log B = MDS - 147dB$

Frequenz	3.6MHz	7.1MHz	14.1MHz	21.3MHz	28.3MHz	145MHz
Noise Figure	5dB	5dB	6dB	6dB	5dB	4dB

Tabelle 2: Rauschmaß (Noise Figure)

AGC-Verhalten

Wenn ich das Eingangssignal bis auf -20dBm ($S9+53\text{dB}$) erhöhe, z.B. um die Großsignalfestigkeit zu testen und dann wieder auf -142dBm verkleinert, passierte etwas Überraschendes: Der Airspy verbleibt auf seinem Regelzustand, den er bei $P_e = -20\text{dBm}$ hatte und regelte nicht mehr zurück. Seine Empfindlichkeit beträgt anschließend nur noch $-120\text{dBm}@500\text{Hz}$. Offensichtlich behält der Airspy seine zuvor gewählte Dämpfung und erhöht gleichzeitig seine Vorverstärkung. Das Grundrauschen des Airspy erhöht sich dadurch um 25dB und die Empfindlichkeit geht von -142dBm auf -120dBm zurück. In diesem Zustand, kommt ein -142dBm Signal natürlich nicht mehr zur Anzeige, denn das Rauschmaß des Airspy erhöht sich von 5dB auf 27dB . Damit ein Eingangssignal mit $+3\text{dB}$ über Rauschen überhaupt wieder erkennbar wird, muß der Pegel auf $P_e = -120\text{dBm}$ vergrößert werden. (**Bild 5**). Der Airspy verbleibt solange in dieser "AGC-Hysterese", bis man das Programm beendet und neu startet.

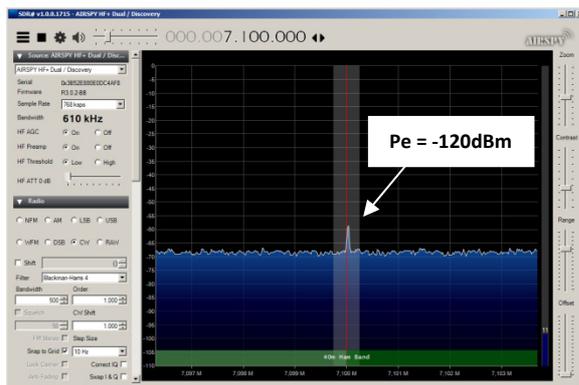


Bild 5: Empfindlichkeitsverlust von -142dBm auf -120dBm durch Regel-Hysterese

Nach einigen Versuchen fand ich dann heraus, dass durch Änderung der "HF-Threshold" von "Low" auf "High" dieser Fehler etwas reduziert werden kann, eine restliche AGC-Hysterese bleibt aber bestehen.

Blocking Dynamic Range (BDR)

Der Blocking Dynamic Range eines Empfängers sagt aus, wie gut ein Empfänger kleine Signale neben sehr großen Signalen verarbeiten kann. Der maximale BDR eines Empfängers ist dann erreicht, wenn ein Störsignal (f_2) so groß geworden ist, dass ein kleines Nutzsignal (f_1) im Abstand von $2\text{...}20\text{ kHz}$ um 1dB an Amplitude verliert. Die Pegeldifferenz von Störsignal (Blocking Level) und der Empfindlichkeit (MDS) entspricht dann dem BDR.

Blocking Dynamik Range = Blocking Level - Empfindlichkeit (MDS)

Der Messaufbau (**Bild 6**) ist ähnlich einer IMD3-Messung, nur die Pegel der beiden Oszillatoren sind jetzt sehr unterschiedlich groß.

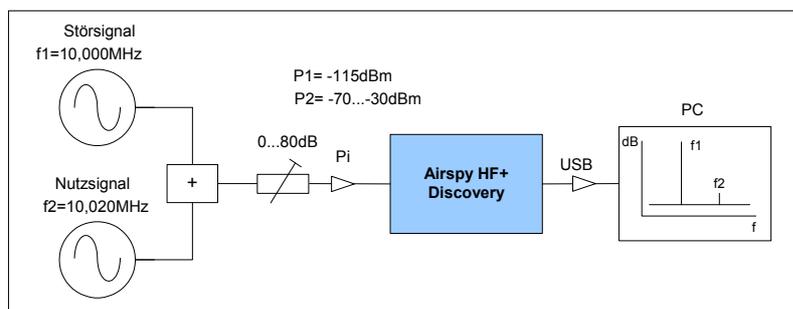


Bild 6: BDR-Messaufbau

Einstellung der Generatoren:

- Nutzsinal $f_1 = 10.020\text{MHz}$, $P_1 = -115\text{dBm}$ (Messender)
- Störsignal $f_2 = 10,000\text{MHz}$, $P_2 = -70\text{...}-10\text{dBm}$ (Quarz-Oszillator), das Störsignal muß sehr rauscharm sein, damit seine Rauschseitenbänder das Messergebnis nicht verfälschen.

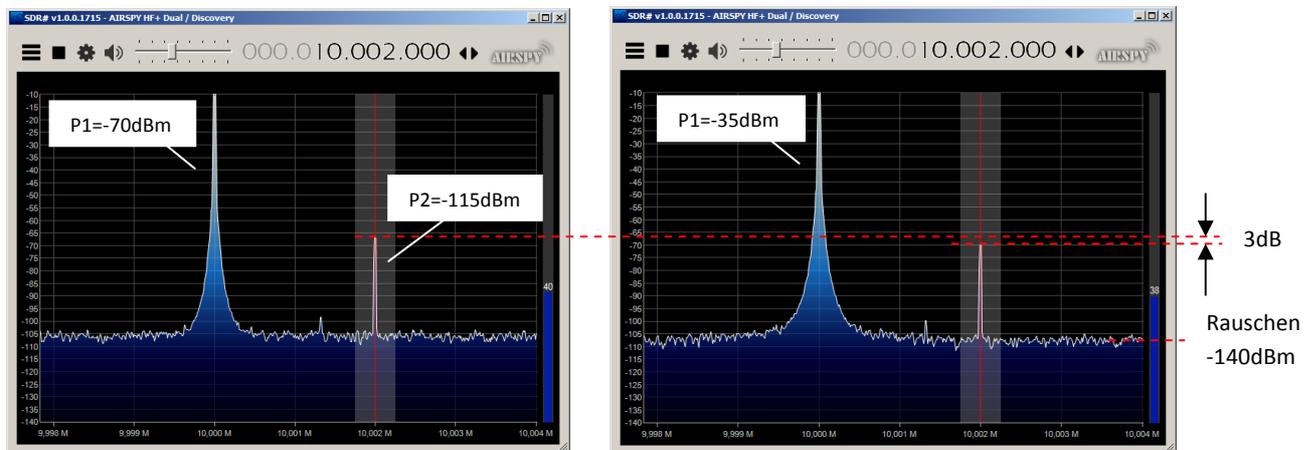


Bild 7: Ab einem Störpegel von -35dBm gerät das Nutzsinal in Kompression

Das Nutzsinal gerät ab einem Störsignalpegel von -35dBm in Kompression. Daraus ergibt sich ein BDR von

$$\text{BDR} = - \text{Blocking Level} - \text{MDS} = -35\text{dBm} - (-142\text{dBm}) = 107\text{dB}$$

Anmerkung: Ein direkt abtastender SDR, ohne Vorverstärker und Mischer, kennt kein 1dB-Blocking, stattdessen aber ein Clipping (Saturation), das jedoch erst bei höheren Eingangspegeln von ca. $P_e = -15\text{dBm}$ einsetzt.

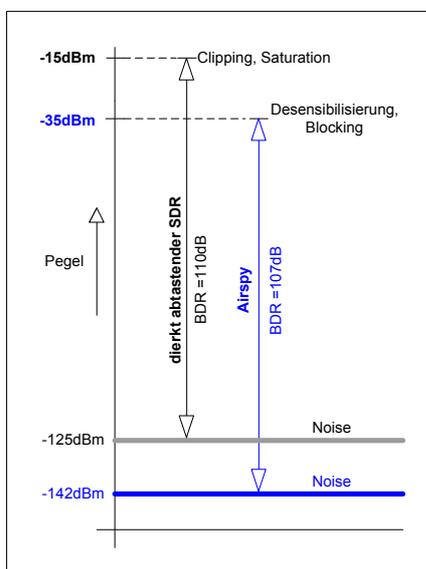


Bild 8: Vergleich DDS-SDR (ColibriNANO) zu Airspay

2-Ton Dynamik 3. Ordnung (DR3)

Bei diesem Test wird geprüft, welche Signalgröße der Empfänger noch tolerieren kann, bevor die ersten Intermodulationsprodukte aus dem Rauschen hervortreten. Dazu werden zwei CW-Signale (f_1 , f_2) gleichen Pegels eingespeist und soweit vergrößert, bis Intermodulationsprodukte bei $2f_1 - f_2$ und $2f_2 - f_1$ mit +3dB über dem Rauschen (MDS) entstehen, den Messaufbau zeigt **Bild 9**.

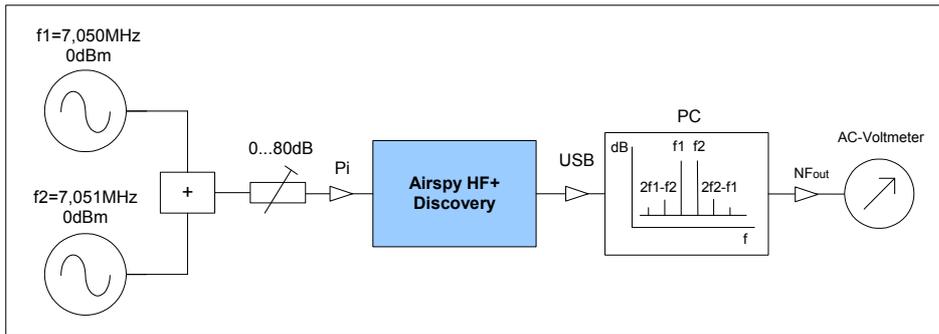


Bild 9: Aufbau für DR3-Messung

Bei einer Signalgröße von $P_i = 2 \times -58\text{dBm}$ ($S_9+15\text{dB}$) entstehen schon IMD3-Signale mit 3dB über dem Rauschen, also bei $MDS = -142\text{dBm}$.

$$DR3 = P_i - MDS = -58\text{dBm} - (-142\text{dBm}) = 84\text{dB}$$

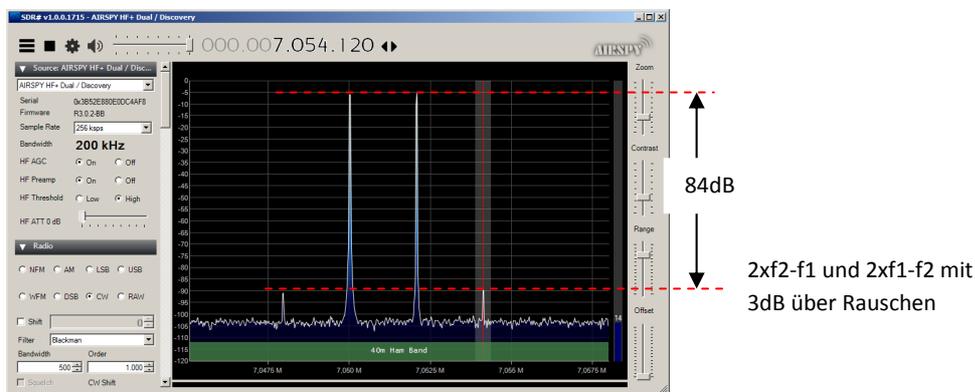


Bild 10: Zwei Signale von -58dBm ($S_9+15\text{dB}$) erzeugt IMD3-Störprodukte mit 3dB über Rauschen

Intermodulation 3. Ordnung (IMD3)

Bei diesem Test werden ebenfalls zwei HF-Signale verwendet und deren Pegel (P_i) von $2 \times -70\text{dBm}$ bis $2 \times -10\text{dBm}$ in 10dB Schritten erhöht. **Bild 11** zeigt die entstehenden IMD3-Kurven. Die grüne Kurve

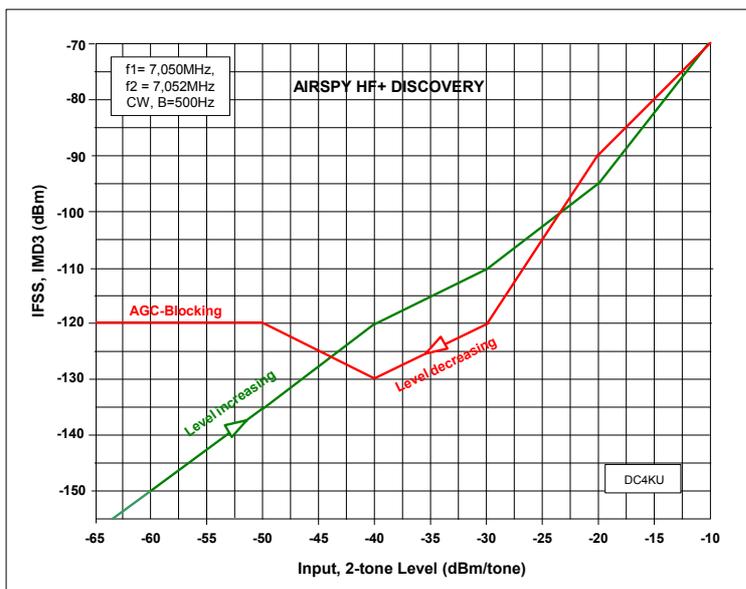


Bild 11: IMD3-Abstand bei ansteigendem Pegel (grün) und abfallendem Pegel (rot)

zeigt die IMD3 bei ansteigendem 2-Ton Signal, die rote Kurve bei fallendem Signal. Beide Kurven sollten identisch sein! Ab einem Eingangssignal von $P_e = -40\text{dBm}$ gerät der Airspy in die zuvor beschriebene AGC-Blockierung (AGC-Fehler).

Ab welchen Pegeln macht sich Intermodulation im Empfänger bemerkbar?

Um das zu zeigen, habe ich das 2-Ton-Signal zusammen mit meiner KW-Antenne mit dem Empfänger verbunden. Das Grundrauschen meiner KW-Antenne im 40m-Band hebt den Rauschpegel zunächst auf ca. -105dBm an. Trotzdem tauchen die ersten IMD-Störprodukte schon bei zwei Eingangssignalen von $2 \times -30\text{dBm}$ (S9+43) auf (**Bild 12**).

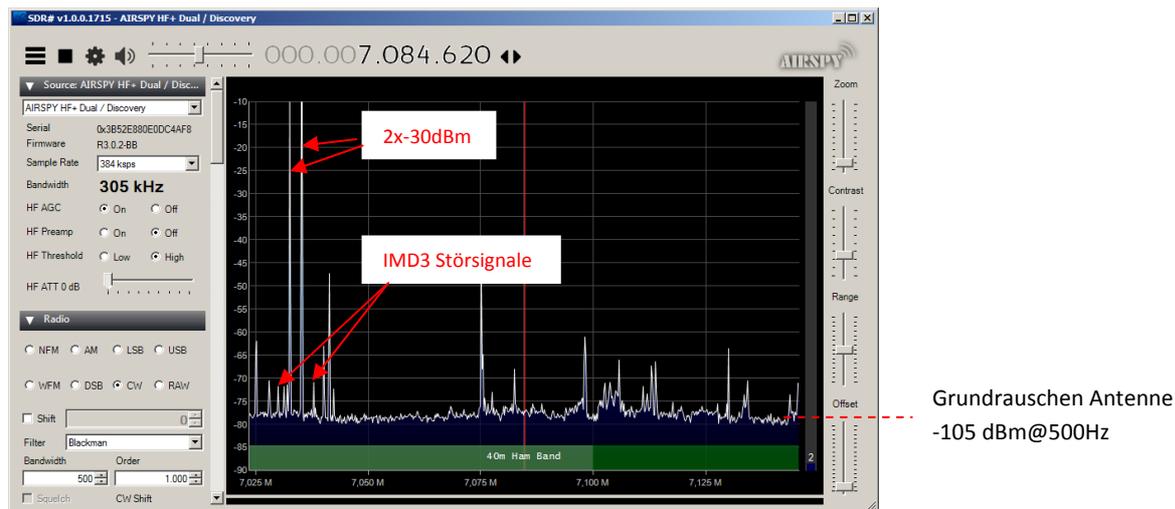


Bild 12: 2-Ton Signal von $2 \times -30\text{dBm}$ zusammen mit Antennensignal im 40m-Band

Gute KW-Empfänger sind so aufgebaut, dass unabhängig von der Signalgröße, die entstehenden IM-Produkte stets unterhalb des Grundrauschens der Antenne liegen. Wenn das erreicht wird, sind die IMD3-Störprodukte, bei Anschluß einer KW-Antenne, nicht mehr hörbar/detektierbar. **Bild 13** zeigt das mittlere Externrauschen über der Frequenz, in städtischen und ländlichen Gebieten.

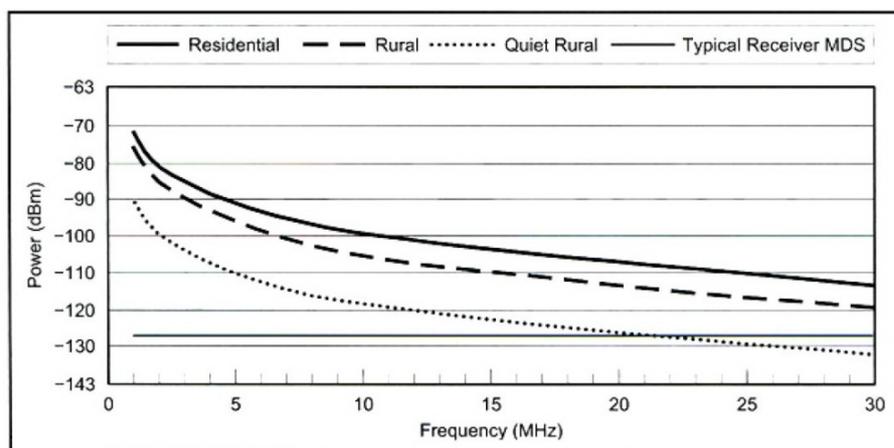


Bild 13: Typ. Externrauschen in städtischen Bereichen (Residential, Urban) und in ländlichen Wohngebieten (Rural), (Man-Made Noise in 500Hz Bandbreite, von Rec. ITU-R P.372-7, Radio Noise, ARRL-Handbook)

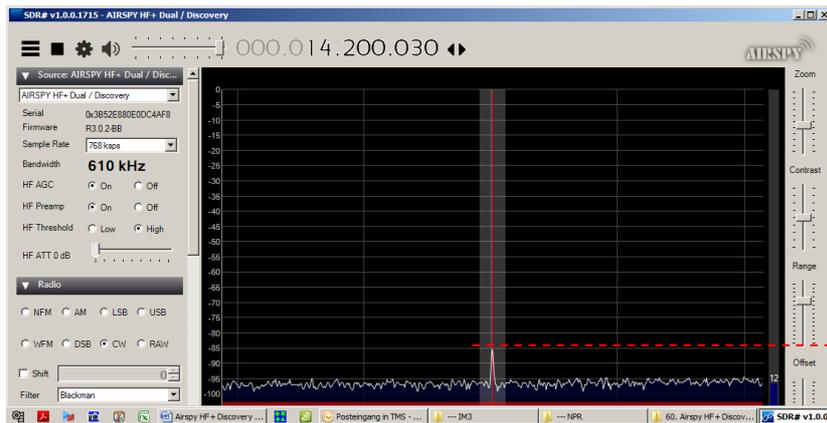
IP3 (Intercept Point 3.Order)

Ein IP3 existiert nur für analoge Empfänger, bei denen die IMD3-Produkte dreimal so schnell ansteigen bzw. abfallen, wie die Nutzprodukte. Dass dies für den Airspy nicht zutrifft, zeigen die Kurven in **Bild 11**, eine Berechnung des IP3 nach der Formel $IP3 = \Delta IMD3 / 2$ wäre hier haltlos. Würde

man trotzdem versuchen, den IP3 des Airspy zu berechnen, käme man bei Signalvergrößerung, ausgehend von 2x-60dBm, auf einen IP3 von **-15dBm** und bei Signalverkleinerung, ausgehend von 2x-20dBm auf einen IP3 von **+15dBm**. Der Hersteller gibt einen IP3 von 15dBm an.

Intermodulation 2. Ordnung (IMD2)

Hierbei wird die Unterdrückung der unerwünschte Summensignale (f1+f2) ermittelt. Als Beispiel verwende ich CW-Signale bei 6.1MHz und 8.1 MHz und messe das unerwünschte Summensignal f1+f2 bei 14,2MHz. Auch bei dieser Messung wird der Pegel (Pi) beider Signale soweit erhöht, bis das IMD2-Signal mit 3dB aus dem Grundrauschen hörbar wird und die Grenzempfindlichkeit des Empfängers von -141dBm erreicht.



-141 dBm@500Hz

Bild 14: IMD2-Produkt bei 14,2MHz mit (S+N)/2=3dB über Rauschen

Dies erfolgte bei $P_i = 2x -50dBm$. Demnach beträgt der IMD2-freie Dynamikumfang (DR2, Dynamic Range 2. Order) des Empfängers

$$DR2 = P_i - MDS = -50dBm - (-141dBm) = 91dB$$

Noise Power Ratio (NPR)

Eine weitere Prüfung der Großsignalfestigkeit ist das NPR-Verfahren, das sowohl bei analogen- und als auch digitalen Empfängern funktioniert. Hierbei wird der Eingang des Empfängers mit einem konstanten, weißen Rauschband belastet. Nur an einer Stelle wird das Rauschen über ein Notchfilter komplett entfernt, so dass an dieser Stelle nur noch Grundrauschen des Empfängers verbleibt, hier bei $E = -142dBm$. Auf diese Frequenz wird der Empfänger abgeglichen.

Anschließend wird die Rauschleistung soweit erhöht, bis der Empfänger IM-Verzerrungen oder sonstige Störprodukte erzeugt, die sich durch eine Vergrößerung des Grundrauschens im Notchfilter anzeigt. Steigt im Sockel des Filters das Rauschen um 3dB an, ist die Grenze der Großsignalfestigkeit des Empfängers erreicht. Großsignalfeste Empfänger erreichen ein NPR von 70 bis 80dBc.

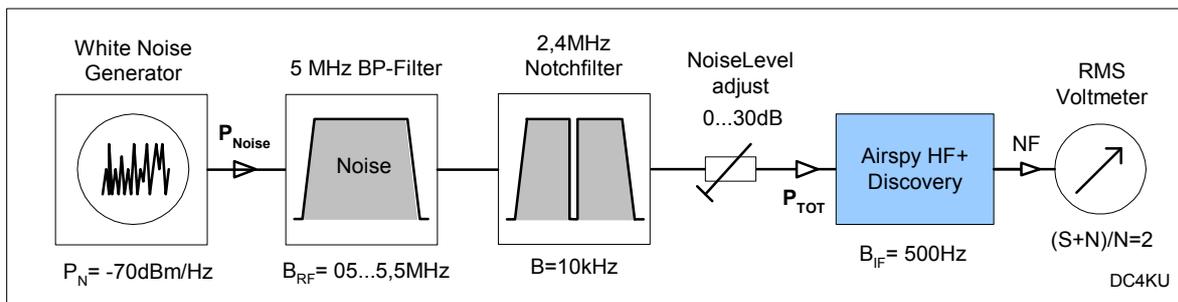


Bild 15: NPR-Messaufbau

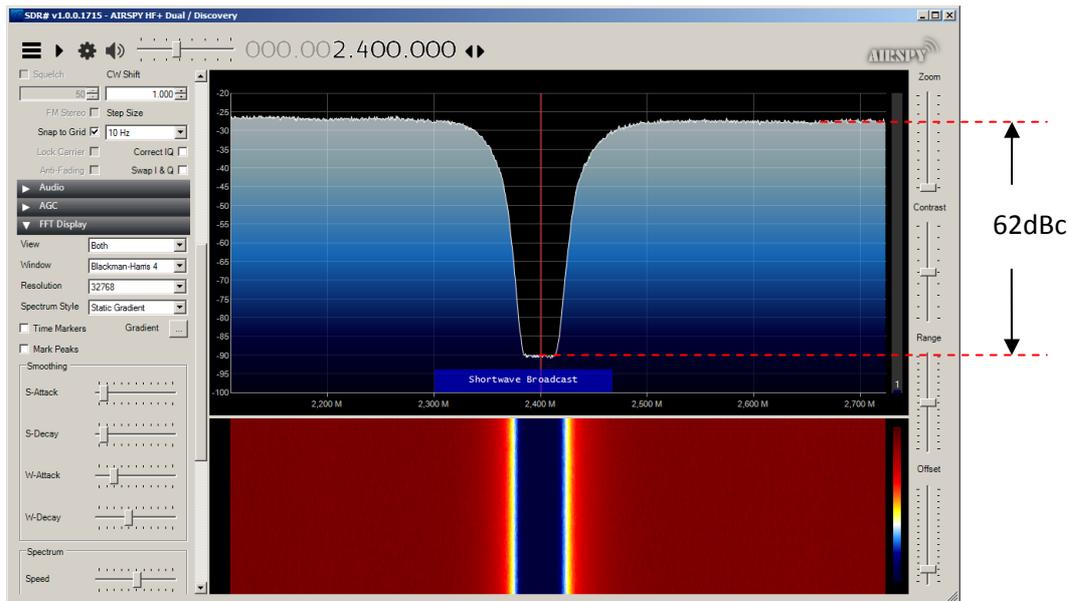


Bild 16: NPR des Airspy HF+ Discovery

Das ermittelte Noise Power Ratio des Airspy HF+ Discovery beträgt

NPR=62dBc

Das **Seitenbandrauschen** (SBN) und der **Reciprocal Mixing Dynamic Range** (RMDR) lässt sich aufgrund des fehlerhaften AGC-Regelverhaltens nicht ermitteln.

Zusammenfassung

(+) Für OM's, die nicht lange an einem SDR herum experimentieren wollen, sondern einen unkomplizierten Empfänger suchen, der einfach und schnell zu installieren ist und sofort betriebsbereit ist, stellt der HF+ eine Alternative dar. Aufgrund seiner speziellen "digital noise reduction" und eingesetzten "polyphase harmonic rejection mixer" sollen der Airspy HF+ Discovery und der Airspy HF+ laut Herstellerangaben in der Lage sein, selbst kleinste und stark verrauschte Signale noch lesbar zu machen, also ein ideales Instrument für DXer. Im Internet finden sich einige Beispiele von OM's mit Audiodateien von verrauschten Signalen, die nur mit dem Airspy HF+ noch lesbar waren. Trotz einiger Tests auf verschiedenen Bändern, konnte ich diesbezüglich aber keinen Unterschied zu anderen Empfängern feststellen.

(-) Leider zeigt der Airspy HF+ Discovery die gleiche fehlerhafte AGC-Hysterese, wie sein Vorgänger Airspy HF+. Nach Empfang größerer Signale kann es passieren, dass der Empfänger in seinem herunter geregelten Zustand verbleibt, seine Empfindlichkeit von -142dBm auf -120dBm zurück geht und eventuell kleine Signale nicht mehr detektierbar sind. Das Problem hierbei ist, dass dieses AGC-Fehlverhalten vielen Anwendern gar nicht erst auffällt, weil die verwendete Empfangsantenne in den unteren KW-Bändern meist ein noch größeres Grundrauschen als -120dBm produziert und der AGC-Fehler dadurch "zugedeckt" wird.

Ich danke WiMo für die leihweise Überlassung des Airspy HF+ Discovery.

Werner Schnorrenberg

DC4KU

05.10.2019

Rev.: 17.11.2019