

Airspy HF+ Test Report



Bild 1: Airspy HF+ und ColibriNANO

Der Airspy HF+ ist sehr einfach in Betrieb zu setzen. Die Software "SDRSharp" von der Homepage des Herstellers herunterladen, das ZIP-File entpacken und den gesamten Inhalt in einen Ordner kopieren. Dann den Airspy HF+ über das USB-Kabel mit dem PC verbinden und SDRSharp.exe starten. Nach dem Programmstart, das Menü "Source AIRSPY" öffnen (Bild 2) und "Airspy HF+" auswählen. Anschließend eine Antenne anschließen und das Programm starten (Bild 3). Einfacher und schneller geht's kaum noch.

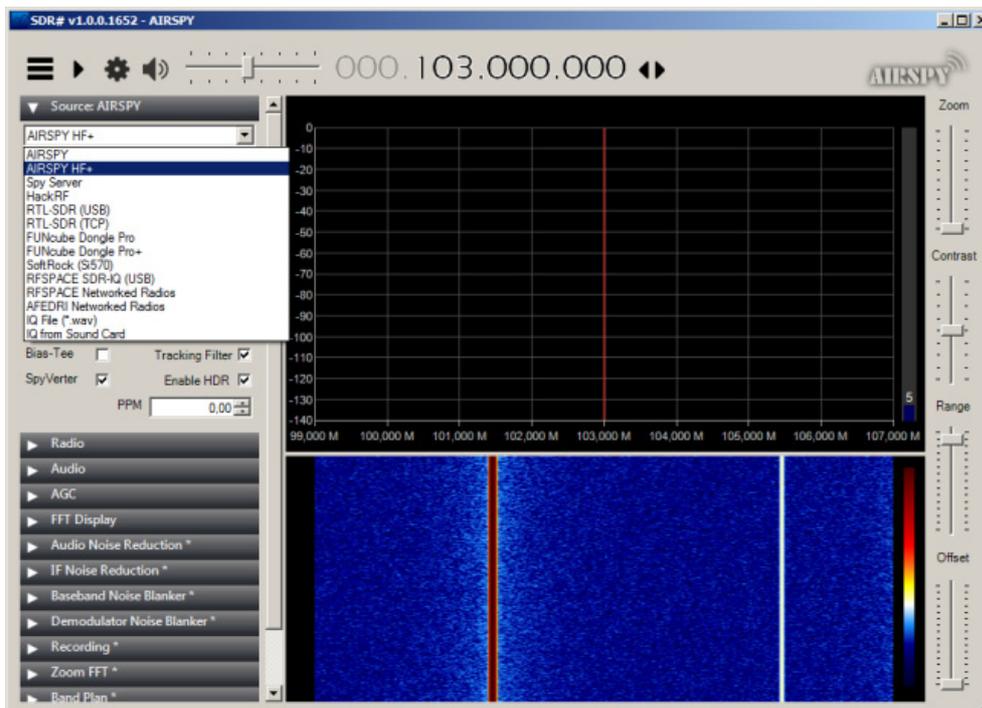


Bild 2: Airspy HF+ unter SDRSharp

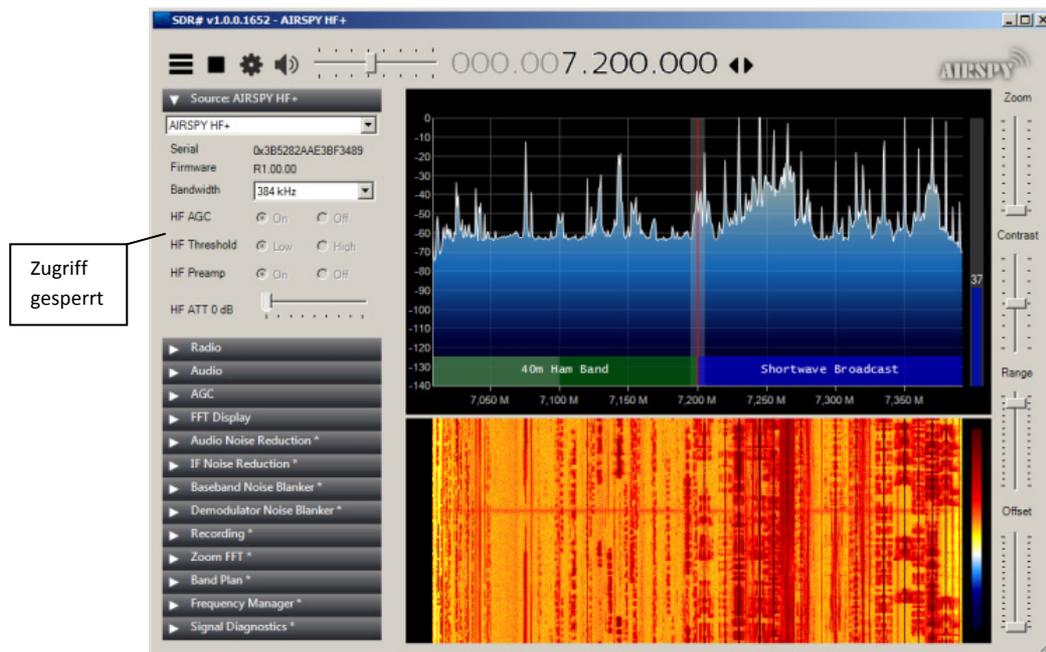


Bild 3: Airspy HF+ betriebsbereit, aber mit gesperrter Einstellung von AGC, Preamplifier und Attenuation

Im geöffneten Menü "Source Airspy HF+" findet man gleich eine Besonderheit: Außer der Bandbreite im Display läßt sich der SDR manuell nicht einstellen, Preamplifier, AGC und Attenuation werden ausschließlich vom Airspy selbst ausgewählt (Bild 3).

Erst nach einem Firmware-Update auf die Version R1.6 2018-02-25 ließen sich auch AGC und Attenuation von Hand einstellen (Bild 4). Airspy ändert häufig die Firmware und es lohnt sich bei <https://airspy.com/download/> nachzuschauen, ob es wieder ein neues Update gibt. Ebenso sollte immer die aktuelle Software von SDR# verwendet werden, die ebenfalls häufig angepasst wird, der letzte Status den ich verwende war SDR# x86 rev 1654.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Airspy HF+ Flash Utility
Looking for a suitable flashable device...
Keine Instanzen verfügbar.
Looking for a suitable flashing driver...
This one can do the job: \WINDOWS\INF\OEM0.INF
Saving the calibration...
Rebooting the device in flash mode...
Flashable device found on port COM23
Unlock all regions
Erase flash
Done in 0.020 seconds
Write 42380 bytes to flash (166 pages)
[-----] 100% (166/166 pages)
Done in 8.040 seconds
Verify 42380 bytes of flash
[-----] 100% (166/166 pages)
Verify successful
Done in 5.041 seconds
Set boot flash true
Rebooting the device in normal mode...
Restoring the calibration...

```

Bild 4: Firmware-Update nach Start von FLASH.bat

Installation eines Updates: Nach dem Download eines Updates, öffnet man das ZIP-File, zieht den Ordner "airspy-hf-flash" auf den Desktop und öffnet ihn. Dann verbindet man des Airspy HF+ mit dem PC und startet das File FLASH.bat. Anschließend wird die neue Firmware auf den Airspy HF+ geladen. Das kann ein paar Sekunden dauern. Dann trennt man den SDR vom PC und verbindet ihn anschließend wieder. Anschließend läuft der Airspy HF+ unter neuer Firmware.

Nachfolgenden sollen einige wichtige HF-Eigenschaften des Airspy HF+ im Kurzwellenbereich ermittelt werden. Dazu gehören: Empfindlichkeit (MDS), IM3, BDR (Blocking Dynamic Range) und NPR (Noise Power Ratio). Getestet wurde nur der Empfangsbereich von 0-31MHz.

Empfindlichkeit (MDS)

Den Empfänger (CW, B=500Hz) mit einem HF-Signalgenerator ($f_e=7,1\text{MHz}$) verbinden und den Empfänger so auf die Signalfrequenz abgleichen, so dass sich ein Überlagerungston von ca. 1kHz ergibt. Anschließend das HF-Signal soweit verkleinern, bis sich am NF-Ausgang ein akustisches $(S+N)/N$ von +3dB ergibt. Hinweis: Das im Bildschirm eingeblendete HF-Signal (**Bild 6**) mit ca. 15dB über Rauschen ist natürlich sehr viel höher, als das akustische Signal von 3dB über Rauschen und darf zur Ermittlung der Empfindlichkeit natürlich nicht herangezogen werden.

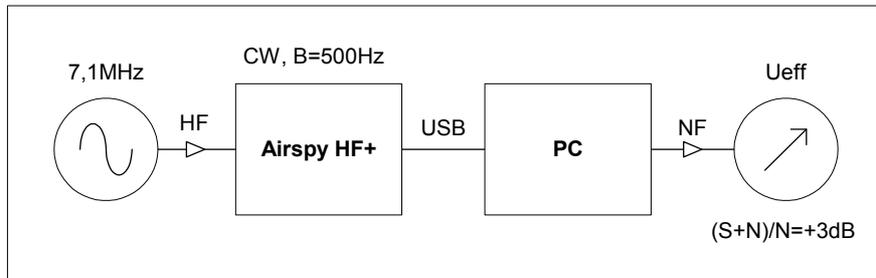


Bild 5: Aufbau für Empfindlichkeitsmessung, Auflösung CW, 500Hz, AF-Attenuation 0dB, HF-Preamplifier ON

Die ermittelte Empfindlichkeit beträgt -140dBm bei $f_e=7,1\text{MHz}$

MDS = -140dBm@500Hz (MDS = Minimum Discernible Signal)

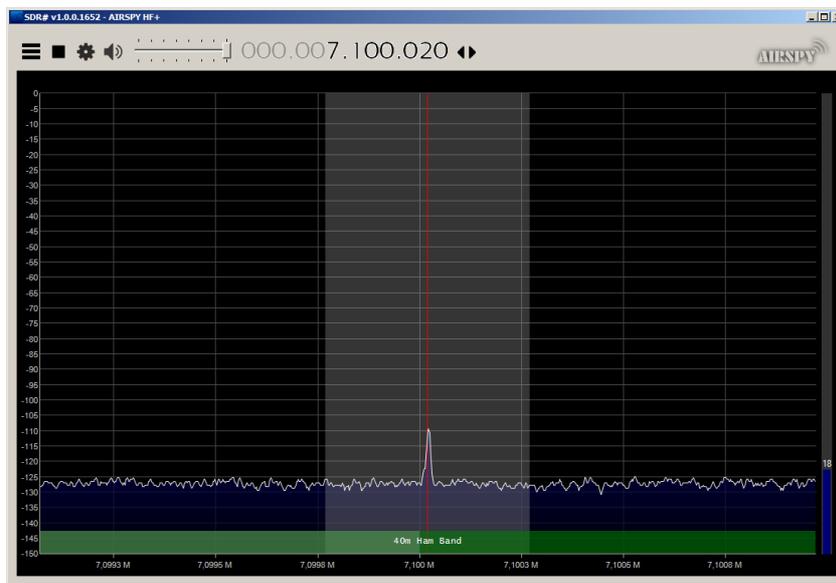


Bild 6: Messung der Empfindlichkeit bei $f=7,1\text{MHz}$, MDS = -140dBm@500Hz

Verzerrungsfreier Dynamikbereich (IM3)

Bei der klassischen IM3-Messung werden zwei gleich große HF-Signale f_1 und f_2 in den Empfänger eingespeist und deren Pegel so weit erhöht, bis deren IM3-Verzerrungsprodukte bei den Frequenzen $2f_1-f_2$ und $2f_2-f_1$ im Rauschen gerade erkennbar sind (**Bild 7**). Erreichen die IM3-Produkte einen Pegel von 3dB über dem Grundrauschen des Empfängers, besitzen sie die gleiche Leistung wie das zuvor gemessene Grundrauschen (Empfindlichkeit) und die maximale Dynamik ist erreicht. Die Differenz zwischen den Eingangssignalen und dem Grundrauschen entspricht dann dem verzerrungsfreien Dynamikbereich des Empfängers.

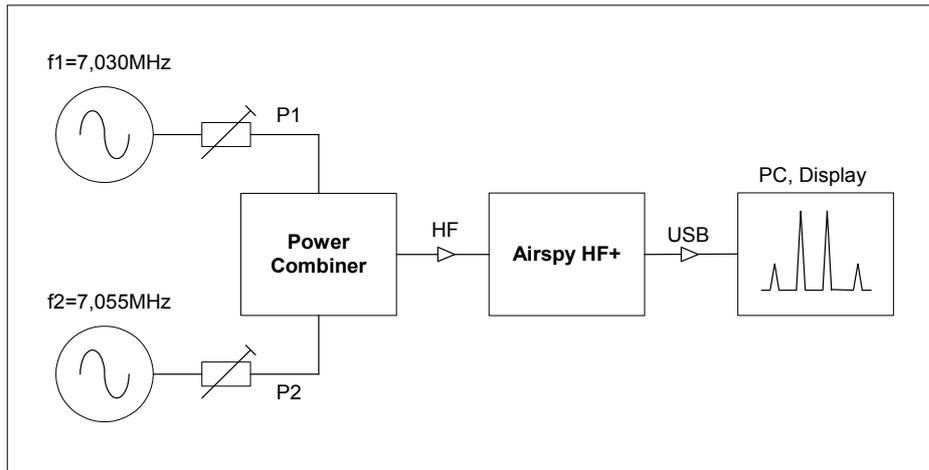


Bild 7: Messaufbau für IM3, IM2 und BDR

Zunächst werden die Pegel beider Nutzsignale soweit erhöht, bis beide Signale die oberste horizontale Linie im Display des Airspy HF+ erreichen (**Bild 8**). Dies erfolgt bei $P_e = 2 \times -35\text{dBm}$, größere Pegel zeigt der Airspy HF+ nicht mehr an. Bei $P_e = 2 \times -35\text{dBm}$ entstehen IM3-Produkte in einem Abstand von 75dBc , entsprechend einem theoretischen $IP3$ von $\Delta IM3/2 + P_e = 75\text{dB}/2 + (-35\text{dBm}) = +2,5\text{dBm}$. Wird der Eingangspegel vergrößert, steigen die IM3-Produkte sehr schnell an, ähnlich einem analogen Receiver.

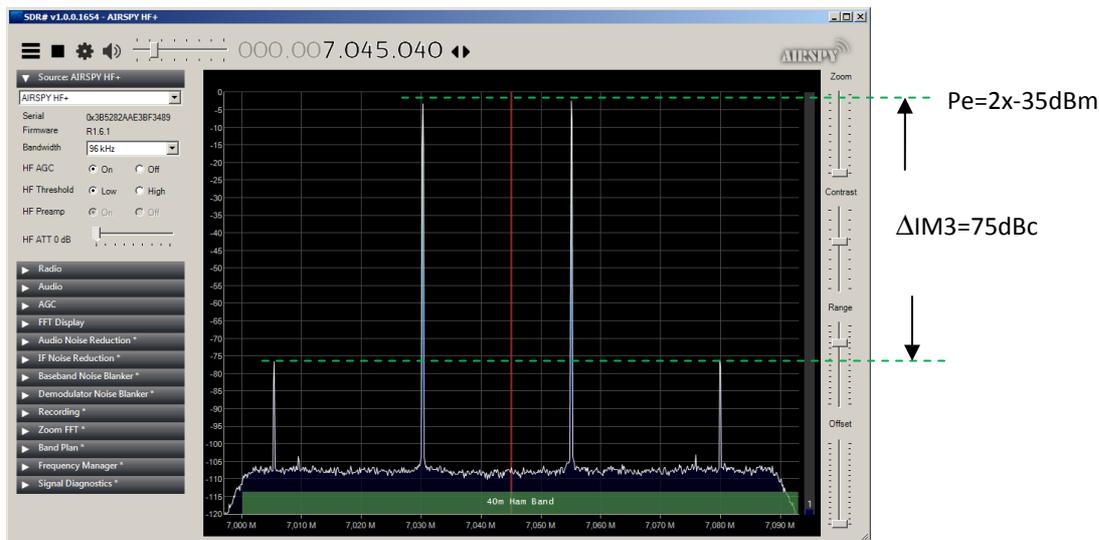


Bild 8: IM3-Verzerrungen bei $P_e = 2 \times -35\text{dBm}$, $\Delta IM3 = 75\text{dBc}$

Wenn man jedoch das 2-Ton Signal, ausgehend von einem größeren Pegel in Richtung kleinerer Pegel reduziert, also z.B. von $2 \times -25\text{dBm}$ auf $2 \times -35\text{dBm}$ verkleinert, dann ergibt sich ein völlig anderes Ergebnis, wie **Bild 9** zeigt. Der IM3-Abstand steigt auf 100dBc an und der $IP3$ wird zu $IP3 = \Delta IM3/2 + P_e = 100\text{dB}/2 - 35\text{dBm} = +15\text{dBm}$. Werden HF-AGC und HF-Preamplifier beide ausgeschaltet, ergibt sich das gleiche Resultat.

Jetzt stellt sich die Frage, welcher IM3 denn stimmt. Offensichtlich schaltet der Airspay nach einem internen Algorithmus Dämpfungen zu oder ab, so dass völlig unterschiedliche IM-Abstände bei gleich großen Eingangssignalen entstehen. Dieses seltsame "Regelverhalten" zieht sich leider durch alle Messungen und erschwert die Messungen am Airspy HF+ ganz erheblich.

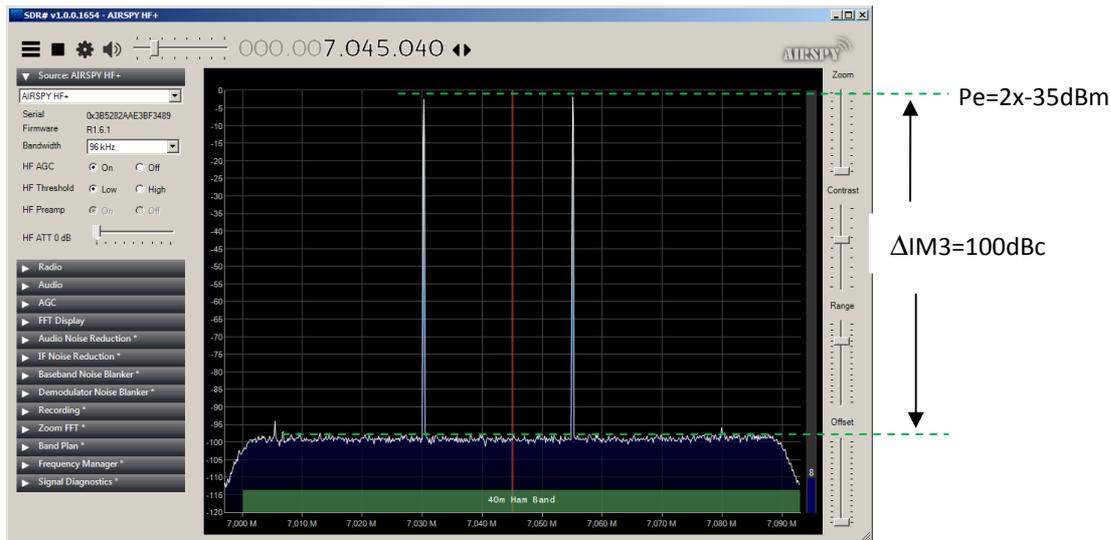


Bild 9: IM3-Verzerrungen bei $P_e=2x-35\text{dBm}$, $\Delta\text{IM3}=100\text{dBc}$

Blocking Dynamic Range (BDR)

Der "Blocking Dynamic Range" sagt aus, wie gut ein Empfänger kleine Signale neben sehr großen Signalen verarbeiten kann. Dazu wird der gleiche Messaufbau wie zur IM3-Messung verwendet, nur dass beide Signalpegel jetzt sehr unterschiedlich sind. Zunächst wird ein Störsignal (f_s) bei $f_1=7,030\text{MHz}$ mit einem Pegel von $P_s=-35\text{dBm}$ ($S_9+47\text{dB}$) eingespeist und bei $f_2=7,035\text{MHz}$ ein Nutzsignal (F_N) von $P_N=-121\text{dBm}$ ($0,2\mu\text{V}$, S_1). Bild 10, links zeigt das Spektrum der eingestellten Signale. Die Amplitude des Störsignals erreicht wie zuvor die oberste horizontale Linie im Display. Der Pegel des Nutzsignals wird bei dieser Größe des Störsignals noch nicht beeinflusst.

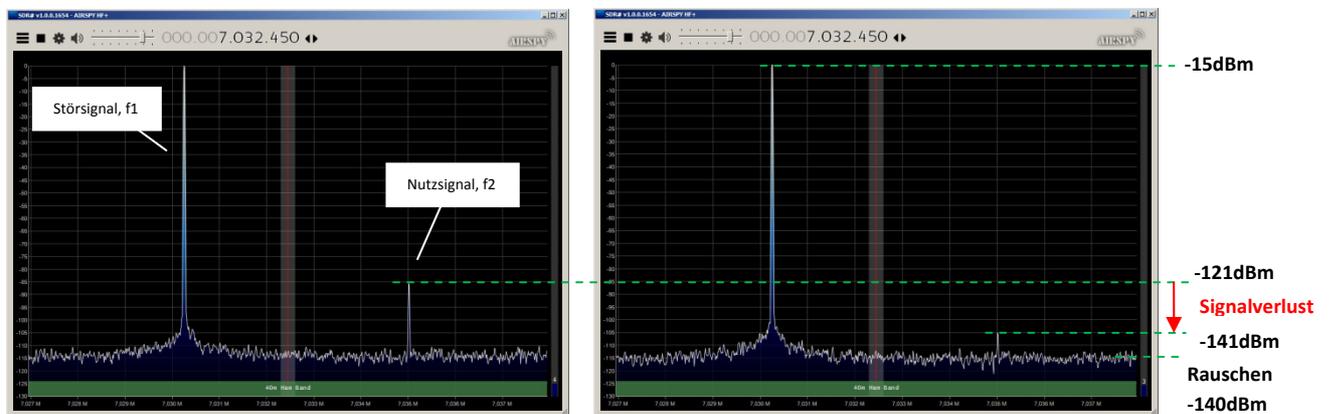


Bild 10: $P_s = -35\text{dBm}$, $P_N = -121\text{dBm}$

$P_s = -15\text{dBm}$, $P_N = -141\text{dBm}$, 20dB Signalverlust

Bei Vergrößerung des Störsignals von -35dBm auf -30dBm verliert das Nutzsignal bereits 3dB an Pegel, womit die Grenze des Blocking-Dynamik-Bereichs schon erreicht ist. Bei weiterer Vergrößerung des Störsignals um 5dB verliert das Nutzsignal um 10dB an Amplitude und bei Erhöhung auf -15dBm verschwindet das Nutzsignal praktisch im Rauschen (**Bild 10, rechts**). Der gleiche Blocking-Effekt tritt bei Signalabständen von 2 , 10 und 20kHz auf.

Ergebnis: Kleine Signale in Nachbarschaft großer Signale verlieren relativ früh an Signalstärke (Kompression), der Empfänger verliert entsprechend an Empfindlichkeit (Desensibilisierung), und seine Dynamik wird reduziert. Der Airspy HF+ zeigt auch hier wieder das typische Verhalten eines (nur mäßig guten) analogen Empfängers.

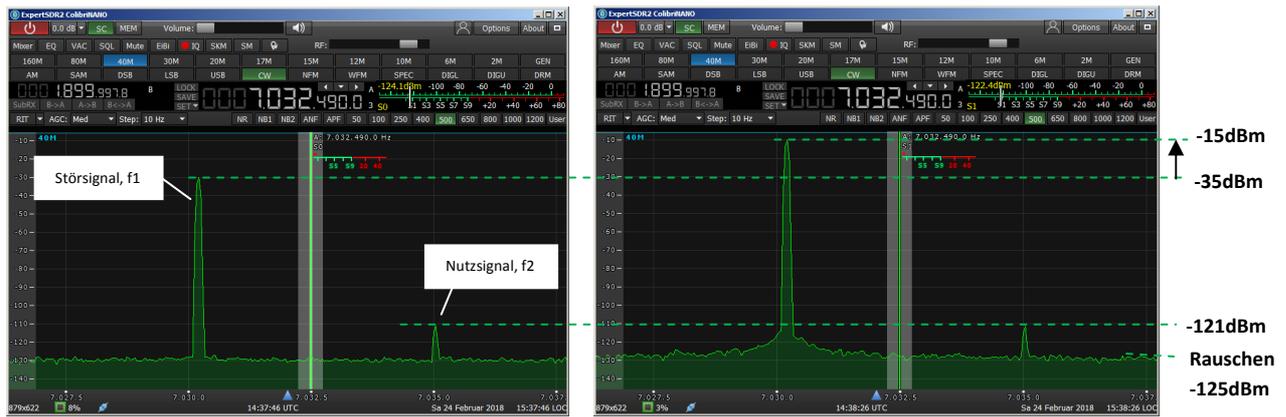


Bild 11: Blocking des ColibriNANO, große Signale können kleine Signale nicht beeinflussen

Um zu demonstrieren, wie SDR-Empfänger normalerweise auf Blocking reagieren, zeige ich eine Vergleichsmessung an einem ColibriNANO, in Bild 11. Selbst bei einem Störsignal von -15dBm bleibt das Nutzsignal von -125dBm im Abstand von 5kHz hiervon völlig unbeeindruckt. Dieses Verhalten ist typisch für direktabtastende SDR's. Erst bei Übersteuerung des ADC's, beim ColibriNANO bei einer Leistung von -12dBm, gerät der ADC ins Clipping (Begrenzung) und der Empfang bricht zusammen.

Bild 12 zeigt den ermittelten Blocking Dynamic Range vom Airspy HF+ und ColibriNANO, er beträgt für beide Geräte 110dB. Zu beachten ist, dass der BDR des Airspy HF+ im Wesentlichen durch seine hohe Empfindlichkeit verursacht wird und er bei etwas größeren Pegeln schon früh in Begrenzung kommt.

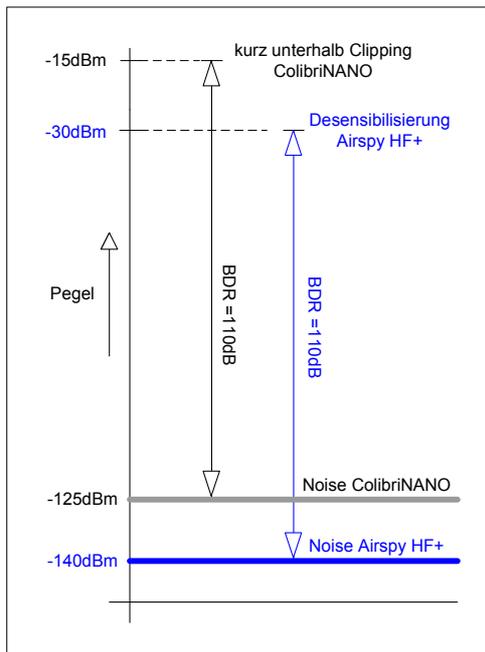


Bild 12: Blocking Dynamic Range von Airspy HF+ (blau) und im Vergleich dazu ColibriNANO

Noise Product Ratio (NPR)

Bei einer NPR-Messung werden anstelle einzelnen Sinussignale weißes Rauschen in den Empfänger eingespeist und das Rauschen dann so weit vergrößert, bis der Empfänger Störsignale produziert. Nur an einer Stelle im Spektrum wird das Rauschen mit Hilfe eines Notchfilter unterdrückt, so dass im nicht übersteuerten Zustand des Empfängers, an dieser Stelle nur sein Grundrauschen messbar ist. Bei Übersteuerung des Empfängers entstehen Störprodukte (Stör-rauschen), welches kumulativ auch das

Grundrauschen im Boden des Notchfilters ansteigen lassen. Bei einem Rauschzuwachs von 3dB $((S+N)/N)$ erreichen die Störprodukte den Pegel des Empfänger-Grundrauschens (MDS) und der maximale NPR des Empfängers ist erreicht.

Hinweis: Moderne, direktabtastende SDR's erreichen einen NPR von 60...75dB.

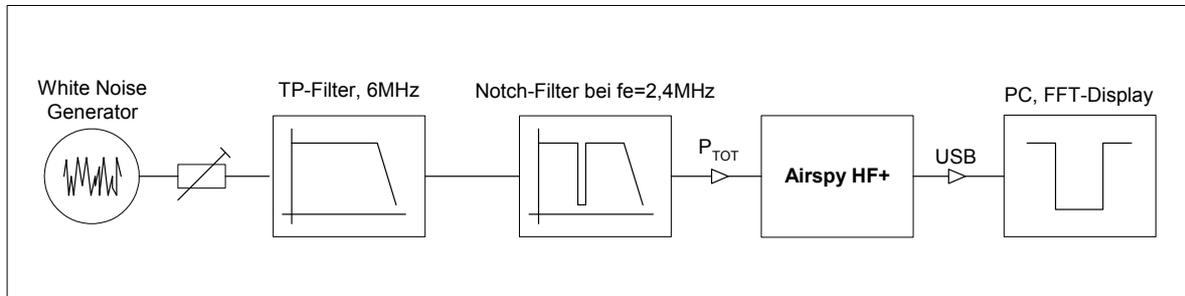


Bild 13: Messaufbau für NPR-Messung

Das NPR kann im Spektrum des Airspy HF+ direkt abgelesen werden (**Bild 14**) und entspricht der Differenz von eingespeister Rauschleistung (P_{TOT}), zum zuvor ermittelten Grundrauschpegel (MDS) des Empfängers

NPR = 52dB

Dabei wurde eine Rauschleistung P_{TOT} von -112dBm/Hz in den Airspy HF+ eingespeist, welches bezogen auf eine Rauschbandbreite von 6MHz (B_{RF}), einer Rauschleistung von $P_{TOT} = -112\text{dBm/Hz} + 10\log 6\text{MHz} = -44,2\text{dBm}$ entspricht.

Daraus berechnet sich der NPR zu

$$\text{NPR} = P_{TOT@6\text{MHz}} - \text{BWR} - \text{MDS} = -44,2\text{dBm} - 10\log 6\text{MHz}/500\text{Hz} - (-137\text{dBm}) = 52\text{dB}$$

mit $\text{BWR} = 10\log B_{RF}/B_{IF}$

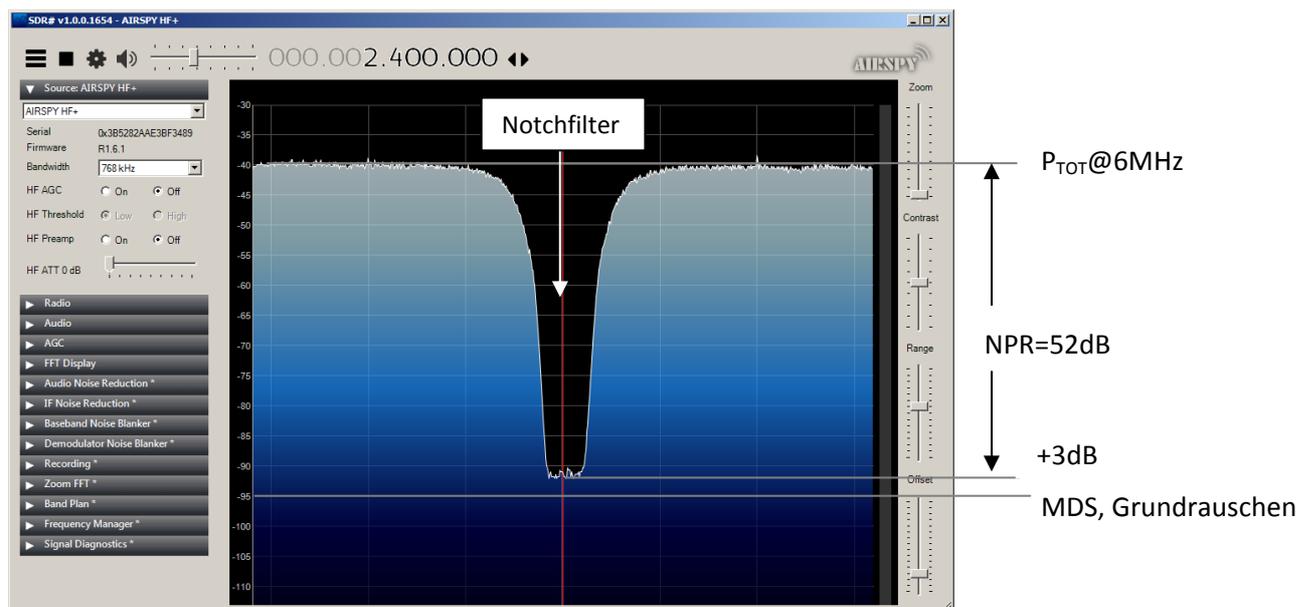


Bild 14: NPR des Airspy HF+ bei HF-Attenuation 0dB

Einstellungen am Airspy HF+: HF-AGC Off, HF-Preamplifier Off, HF Attenuation 0dB

Erhöht man versuchsweise die HF-Attenuation von 0 auf 24dB, steigt der NPR auf 62dB an, wobei sich aber auch die Empfindlichkeit um 24dB verschlechtert (**Bild 15**).

Einstellungen AirspyHF+: HF-AGC Off, HF-Preamplifier Off, HF-Attenuation 24dB

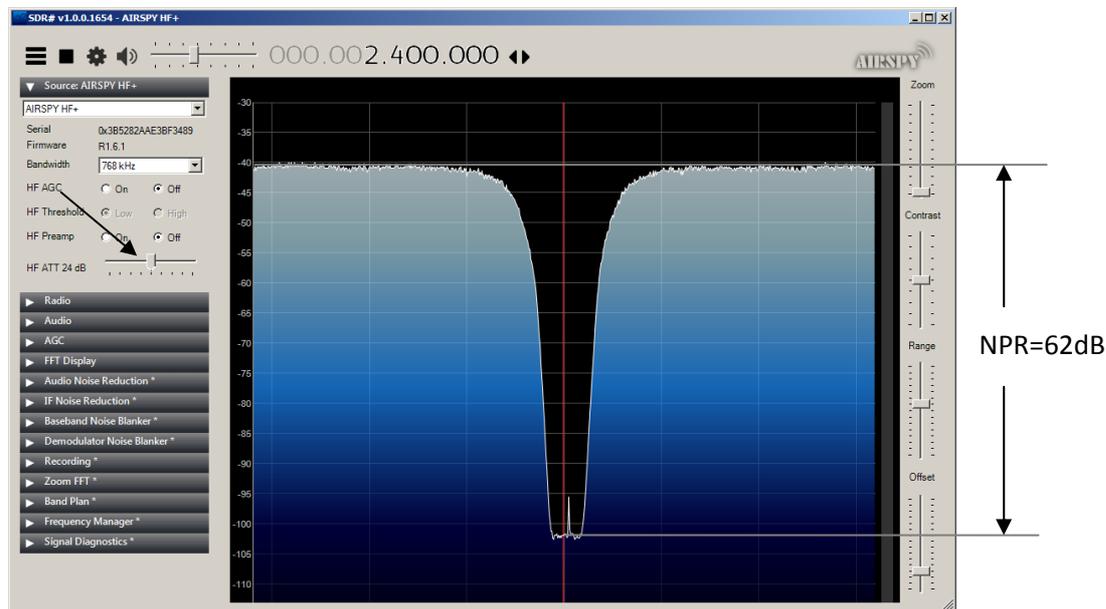


Bild 15: NPR bei HF-Attenuation 24dB

Werden RF-AGC und RF-Preamplifier beide aktiviert (Grundeinstellung des Airspy HF+), ergibt sich wiederum nur ein NPR von 52dB.

Zusammenfassung

Negativ: Das Verhalten des Airspy HF+ erinnert stark an das von analogen Überlagerungsempfänger. Die AGC verhindert ein Clipping, wobei jedoch schon relativ früh Verzerrungsprodukte entstehen. Das gesamte Regelverhalten ist unverständlich und die Einstellungen am Airspy HF+ sind so begrenzt, dass eine weitere Untersuchung der Performance keinen Sinn macht. Adam Farson (7) kam zu einem ähnlichen Ergebnis und hat weitere Untersuchungen abgebrochen.

Positiv: Für OM's, die nicht lange an einem SDR herum experimentieren wollen, sondern einen unkomplizierten Empfänger suchen, der einfach und schnell zu installieren und sofort betriebsbereit ist, stellt der HF+ eine echte Alternative dar. Aufgrund seiner speziellen "digital noise reduction" und eingesetzten "polyphase harmonic rejection mixer" ist der Airspy HF+ in der Lage, oft kleinste und stark verrauschte Signale noch lesbar zu machen, also ein ideales Instrument für DXer. Im Internet finden sich viele Beispiele von OM's mit Audiodateien von verrauschten Signalen, die nur mit dem Airspy HF+ noch lesbar waren (1). Trotz einiger Tests auf verschiedenen Bändern, konnte ich diesbezüglich aber keinen Unterschied zwischen Airspy HF+ und anderen Empfängern feststellen.

Werner Schnorrenberg

DC4KU

08.08.2018

Literatur:**(1) Audiodateien und Recordings:**

<https://airspy.com/airspy-hf-plus/>

<https://www.rtl-sdr.com/several-new-airspy-hf-reviews/>

<https://www.rtl-sdr.com/our-review-of-the-airspy-hf-compared-against-colibrinano-airspy-mini-rsp2-rtl-sdr/>

<https://www.rtl-sdr.com/tag/airspy-hf/>

<https://dk8ok.org/2017/12/06/airspy-hf-what-you-hear-is-what-you-get/>

(2) Ein neues SDR-Konzept: Airspy HF+

DK8OK, FUNKAMATEUR 3/18

(3) Airspy HF+ SDR

http://www.wimo.com/airspy-hfplus-sdr-receiver_d.html

(4) ColibriNANO NPR-Test

http://www.funkamateur.de/tl_files/downloads/hefte/2018/dc4ku_colibri_nano_ergaenzung.pdf
DC4KU

(5) Empfängermessungen nach dem NPR-Verfahren

DC4KU, FA 12/17, 01/18

(6) Noise Power Ratio Testing

Adam Farson, http://www.ab4oj.com/test/docs/npr_test.pdf

(7) Airspy HF+ Test Report

Adam Farson, http://www.ab4oj.com/sdr/airspy/airspy_hf_notes.pdf

Technische Daten Airspy HF+ (Quelle: WiMo)

HF	0.009 – 31 MHz
VHF	60 – 260 MHz
MDS @500 Hz, 0–31 MHz	-140 dBm
MDS @500 Hz, 60–108 MHz	-141.5 dBm
MDS @500 Hz, 118–136 MHz	-142.5 dBm
MDS @500 Hz, 136–174 MHz	-140.5 dBm
MDS @500 Hz, > 175 MHz	-140 dBm
IIP3 0–31 MHz	+15 dBm
IIP3 60–260 MHz	+13 dBm
BDR 0–31 MHz	110 dB
BDR 60–260 MHz	95 dB
Wasserfallbreite	48, 96, 192, 384 & 768 kHz (max. 660 kHz alias-free)
Oszillator Genauigkeit	0.5 ppm
Antennenanschlüsse	2x SMA (HF, VHF)
Impedanz	50 Ω
Temperaturbereich	-45 – +85°C