

Messung der Rauschzahl eines HF-Verstärkers

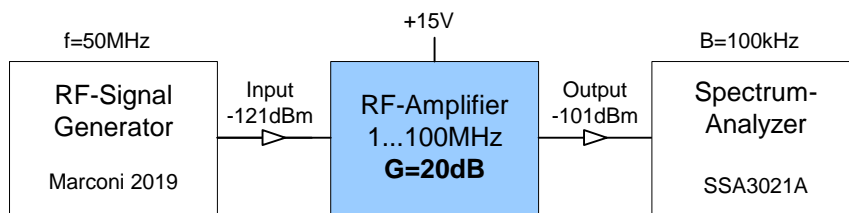


Bild 1: Messung der Rauschzahl eines breitbandigen HF-Antennenverstärkers

Als Signalquelle wird ein kalibrierter HF-Generator verwendet, der auf 50MHz abgestimmt wird und als Empfänger ein empfindlicher Spektrumanalysator.

Das HF-Signal des Generators wird so lange verkleinert, bis es am Analysator mit nur noch mit 3dB aus dem Rauschen erkennbar ist, im Beispielerfolgte das bei -121dBm/100kHz. Nach $(S+N)/N$ entspricht der Pegel des Generators dann dem Rauschpegel des Amplifiers.

Settings Analyzer: $f_c=50\text{MHz}$, Span 7MHz, Bandwidth 100kHz, VBW 10kHz, Attenuation 0dB, Preamplifier On, Avg 100

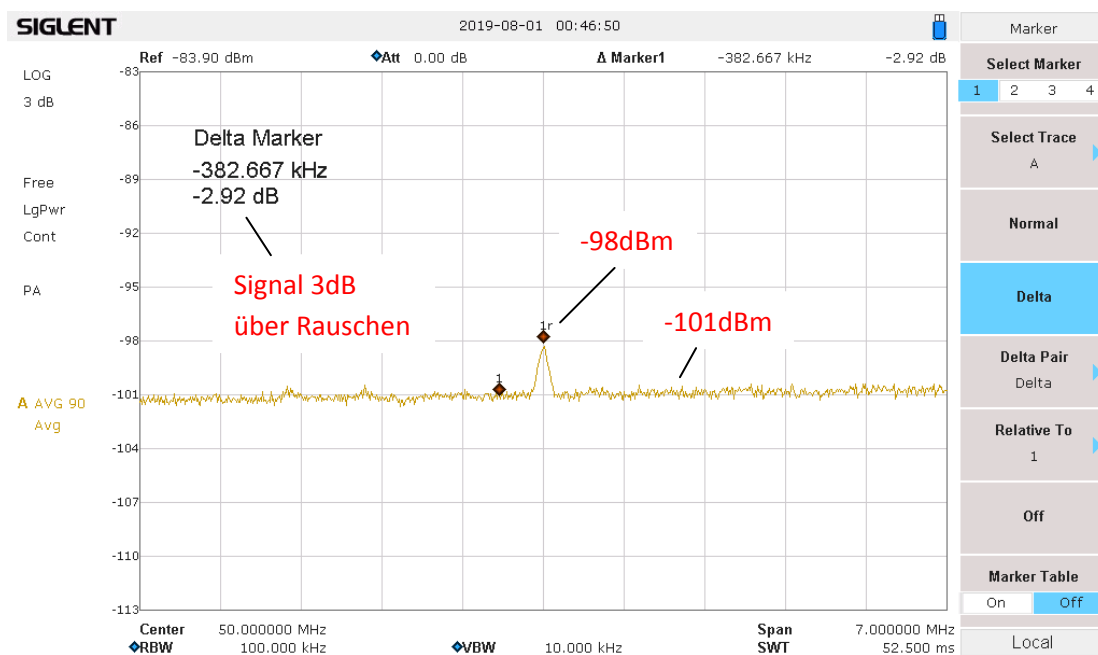


Bild 1: Messung des Rauschpegels: -101dBm/100kHz

Ergebnis:

Rauschpegel: -121dBm bezogen auf 100kHz Bandbreite

Bezogen auf 1Hz Bandbreite: $-121\text{dBm}/100\text{kHz} - 50\text{dB} = -171\text{dBm}/\text{Hz}$

Daraus ergibt sich eine Rauschzahl (NF) des Verstärkers von

$\text{NF} = -171\text{dBm}/\text{Hz} - (-174\text{dBm}/\text{Hz}) = 3\text{dB}$ mit $-174\text{dBm}/\text{Hz}$ als Rauschgrenzwert

D.h., um diesen Wert verschlechtert sich der Signal-Rauschabstand am Ausgang des Amplifiers gegenüber dem Wert am Eingang!

Noch einfacher lässt sich der Rauschpegel über die "Noise-Marker" Funktion des Analysators direkt in "dBm/Hz" messen. Diese Messung ist noch etwas genauer, weil hierzu die tatsächliche Rauschbandbreite des Auflösungsfilters, bezogen auf 1Hz-Bandbreite, verwendet wird.

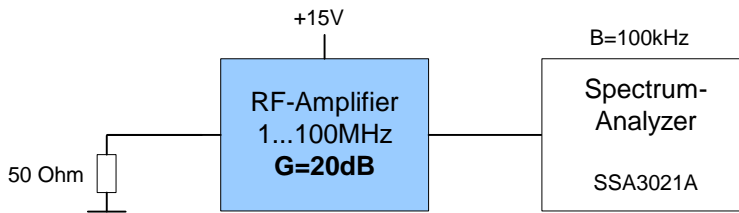


Bild 3: Messaufbau

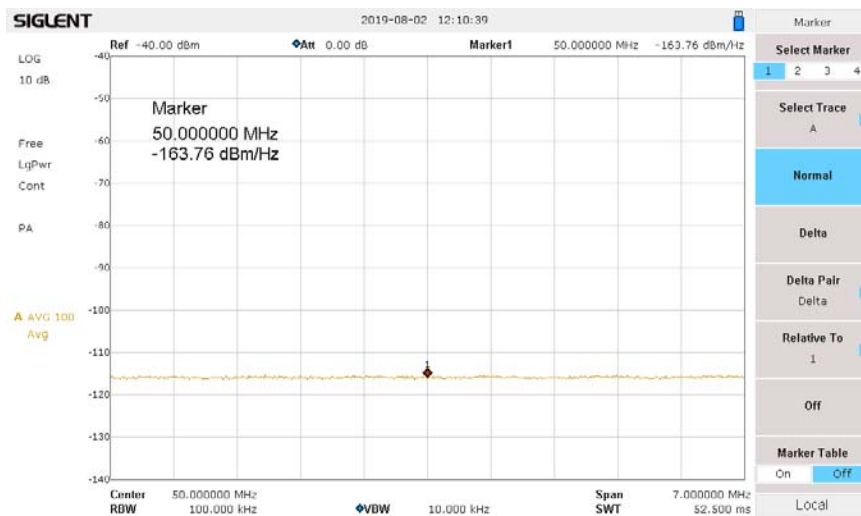


Bild 4: Messung des Rauschens ohne Amplifier: Noise -164dBm/Hz -> Rauschzahl des SA: 10dB



Bild 5: Messung des Rauschens mit Amplifier: Noise -150,5dBm/Hz

Rauschpegel Analysator: -150,5dBm/Hz

Rauschen des Amplifier: -150,5dBm -20dB Gain = -170,5dBm/Hz

NF = -170,5dBm/Hz - (-174dBm/Hz) = 3,5dB

Korrektur

Falls der Amplifier mit nur geringer Verstärkung arbeitet ($G < 10\text{dB}$), muß der Messwert korrigiert werden, weil der Pegelabstand zwischen Analysator-Rauschen und Amplifier-Rauschen ansonsten zu gering wird und dadurch ein Messfehler entsteht. Ein typisches Beispiel für einen solchen Fehler zeigt Bild 1. Misst man die Größe des CW-Signals über einen Marker, würde man -98dBm messen.

Tatsächlich beträgt der Pegel des Signals aber nur -101dBm , weil sich das Signal mit dem gleich großen Rauschen des Analysators addiert und dadurch um 3dB zu groß angezeigt wird. Demnach muß zur Ermittlung des Pegels 3dB abgezogen werden, siehe Kurve in Bild 6, und der tatsächliche Signalpegel beträgt: Messwert $-3\text{dB} = -98\text{dBm} - 3\text{dB} = -101\text{dBm}$.

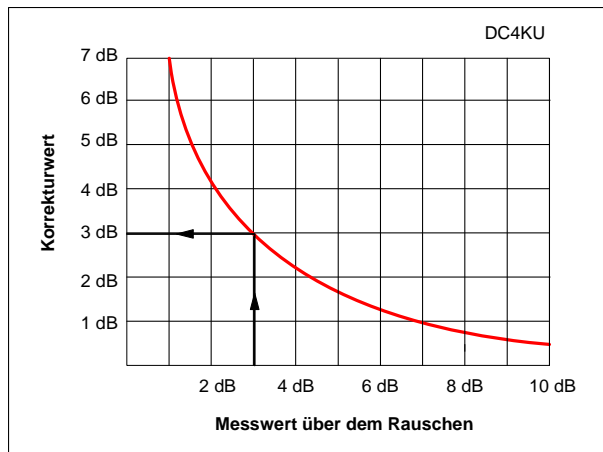


Bild 6: Korrekturkurve bei der Messung kleiner Signale über Rauschen

Werner Schnorrenberg
DC4KU
02.08.2019