

# Ergänzung zum Beitrag in FA 3/18, S. 220 ff. „Colibri-Nano – direktabtastender Empfänger für 10 kHz bis 55 MHz“

Die Messung des Rausch-Leistungs-Verhältnisses bei Empfängern (engl. *Noise Power Ratio*, abgekürzt NPR) wurde in [3] ausführlich beschrieben. Eins der dort verwendeten Messobjekte war der *Colibri-Nano*. Jener Teil des vorliegenden Testberichts, in dem es um diese NPR-Messungen geht, wurde deshalb ausgegliedert und ist im Folgenden nachzulesen.

## ■ NPR-Test

Mit einem NPR-Test wird die Grosignalfestigkeit von analogen- und digitalen Empfänger bestimmt. Anstelle eines Zweitonsignals wird der Empfänger mit breitbandigem weißem Rauschen angesteuert. Ab einem gewissen Rauschpegel wird der Empfänger übersteuert und erzeugt Verzerrungsprodukte in Form von additivem Rauschen.

Damit diese Verzerrungen im Rauschspektrum überhaupt mess- bzw. sichtbar werden, schaltet man zwischen Rauschgenerator und Empfänger ein schmalbandiges Kerbfilter ( $B \leq 10$  kHz), welches das extern angelegte Rauschen auf seiner Sperrfrequenz (z.B. 2,4 MHz) völlig unterdrückt, sodass im Sockel des Filters und im nicht übersteuerten Zustand des Empfängers nur das Grundrauschen des Empfängers messbar ist. Sobald der Empfänger Verzerrungen (Intermodulationsprodukte, Oberwellen usw.) erzeugt, werden diese durch einen Rauschanstieg im Boden des Notch-Filters sofort erkennbar. Den prinzipiellen Aufbau eines NPR-Messplatzes zeigt Bild 17. Die Formel zur Berechnung des NPR lautet

$$NPR = P_{TOT} - BWR - MDS$$

mit:

$P_{TOT}$  = eingespeiste Rauschleistung, begrenzt durch Bandfilter hinter Rauschgenerator

$$BWR = 10 \lg BRF/BIF$$

MDS = Empfangergrundrauschen (*Colibri-Nano*: -117 dBm bei 2,5 kHz SSB-Bandbreite)

Der verwendete Rauschgenerator erzeugt ein breitbandiges Rauschsignal von -80

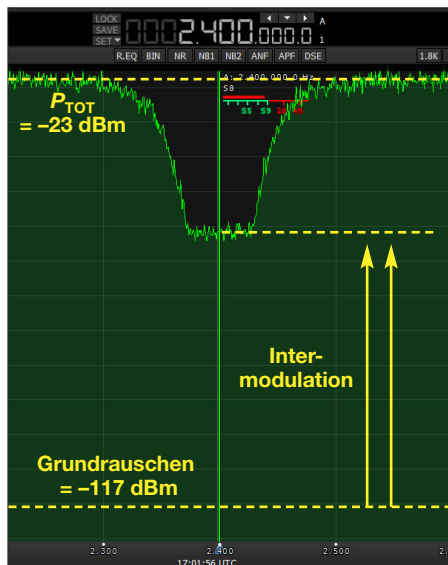


Bild 18: Colibri-Nano in Saturation, übersteuert

dBm/Hz. Bezogen auf eine Rauschbandbreite (BRF) von 5 MHz, entsteht am (breitbandigen) Eingang des Colibri-Nano eine Rauschleistung von  $P_{TOT} = -80$  dBm/Hz +  $10 \lg 5$  MHz = -13 dBm. Damit der Empfänger nicht übersteuert wird, schaltet man zunächst ein Dämpfungsglied von 20 dB zwischen Generator und Empfänger. Anschließend verkleinert man die Dämpfung in 1-dB-Schritten und beobachtet gleichzeitig den Rauschpegel (den Grundrauschpegel des Colibri-Nano) im Notch-Filter. Ab einer bestimmten Rauschgröße ( $P_{TOT} = -23$  dBm) gerät der Colibri-Nano in Begrenzung und erzeugt breitbandige Störsignale, welche das Rauschen im Sockel des Notch-Filters stark ansteigen lässt. Gleichzeitig erscheint im Display die Meldung *Overload ADC* (Bild 18).

Dann reduziert man den Rauschpegel um 1 dB bis 2 dB, sodass sich der Empfänger wieder im linearen Bereich befindet. Bei dieser Pegeleinstellung des Rauschgenerators ist der maximale, IM-freie Dynamikbereich des Empfängers erreicht. Das resultierende NPR entspricht der Differenz des Rauschpegels außerhalb des

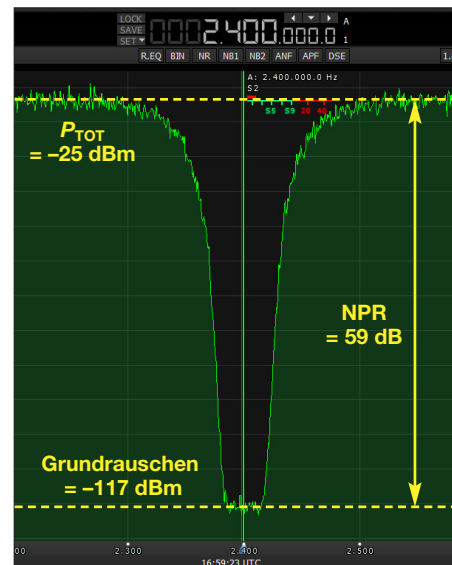


Bild 19: Gemessenes Rausch-Leistungs-Verhältnis NPR = 59 dB

Notch-Filters zum Rauschpegel innerhalb des Notch-Filters (Grundrauschen) und kann direkt vom Bildschirm abgelesen werden (Bild 19). Bei einer Rauschleistung von  $P_{TOT} = -25$  dBm erreichte der Colibri-Nano seinen maximalen NPR von 59 dB.

Die Berechnung des NPR ergibt

$$\begin{aligned} NPR &= P_{TOT} - BWR - MDS \\ &= -25 \text{ dBm} - \frac{10 \lg 5000}{2,5} \\ &\quad - (-117 \text{ dBm}) \\ &= 59 \text{ dB} \end{aligned}$$

Einstellungen am Colibri-Nano: Preamp Level 0 dB, Gain 100 dB, AGC off, Preamp Auto off.

Ein verzerrungsfreier Dynamikumfang von 59 dB ist ein guter Wert, wenn der Empfänger über keine begrenzenden Filter im Eingang verfügt, so wie der Colibri-Nano. Im Gegensatz zur Zweitonsmessung, wird der Colibri-Nano bei der NPR-Messung auf 1850 Kanälen (5 MHz/2,7 kHz) gleichzeitig mit einem homogenen Rauschsignal von S9 + 14 dB (-56 dBm) pro Kanal angesteuert!

Ein Preselektor im Eingang des Empfängers verbessert seine Dynamik. Würde man z. B. einen 80-m-Bandpassfilter, von 3,5 MHz bis 3,9 MHz ( $\Delta f = 400$  kHz), vor den HF-Eingang des Colibri-Nano schalten, vergrößert sich seine verzerrungsfreie Dynamik auf

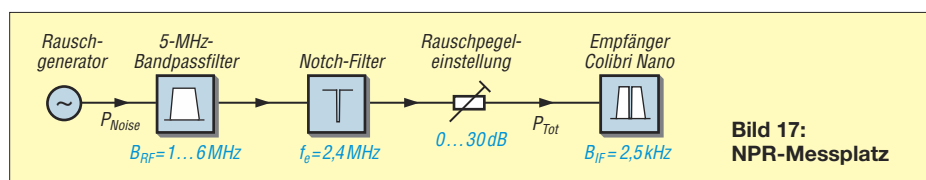


Bild 17: NPR-Messplatz

$$\begin{aligned} \text{NPR}_2 &= \text{NPR}_1 + 10 \lg \frac{\text{BRF}_1}{\text{BRF}_2} \\ &= 59 \text{ dB} + 11 \text{ dB} = 70 \text{ dB} \end{aligned}$$

mit:  $\text{NPR}_1 = 59 \text{ dB}$ ,  $\text{BRF}_1 = 5 \text{ MHz}$ ,  $\text{BRF}_2 = 400 \text{ kHz}$

Das Beispiel zeigt, dass sich mit begrenzenden Filtern (Preselektoren) im HF-Eingang die Dynamik eines Empfängers erhöhen lässt, egal, ob dieser analog oder digital aufgebaut ist. Direktabtastende SDRs mit 14 Bit Auflösung erreichen theoretisch einen NPR von bis zu 74 dB, mit 16 Bit Auflösung bis 85 dB. Die praktisch erreichbaren Werte liegen bei etwa 70 respektive 80 dB.

#### Anmerkung zum NPR

Die Bestimmung der Empfänger-Großsignalfestigkeit mit einem Standard *Zweiton-Signal* ist im Prinzip unrealistisch, denn wann wird ein KW-Empfänger in der Praxis über eine Empfangsantenne mit nur zwei Signalen belastet? Ein Zweiton-IM<sub>3</sub>-Test schmeichelt deswegen den meisten Empfängern. Ganz anders liegen die Verhältnisse mit einem Rauschsignal. Hier wird der Empfänger mit vielen hundert oder tausend gleich großen Signalen belastet und zeigt deswegen schon viel früher seine maximal zulässige Aussteuerung an. NPR ist ein hartes, ultimatives Messverfahren, welches jedoch viel mehr den tatsächlichen (*worst case*) Empfangsbedingungen entspricht und gerecht wird.

Besonders bei Empfängern ohne Preselektor, wie dem Colibri-Nano, zeigen sich große Unterschiede zwischen einer Zweiton- und NPR-Messung. Ein NPR-Test kann grundsätzlich an allen analogen- und digitalen Empfängern durchgeführt werden. Bei digitalen Empfängern ist es jedoch die einzige Möglichkeit, zur Bestimmung der Großsignalfestigkeit. Ein IP<sub>3</sub>, zum Aufzeigen der IM-Festigkeit des Empfängers, existiert bei digitalen, direkt abtastenden Empfängern nicht mehr und wird in den meisten Datenblättern auch nicht angegeben. Deswegen steht zu vermuten, dass der NPR-Test zur Messung der Großsignalfestigkeit von Empfängern, in Zukunft den Zweiton-Test ersetzen wird.

