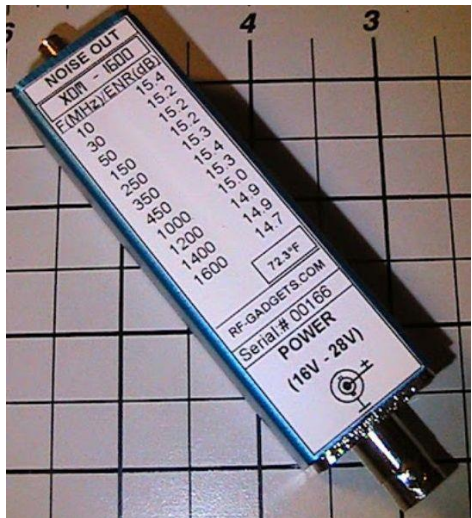
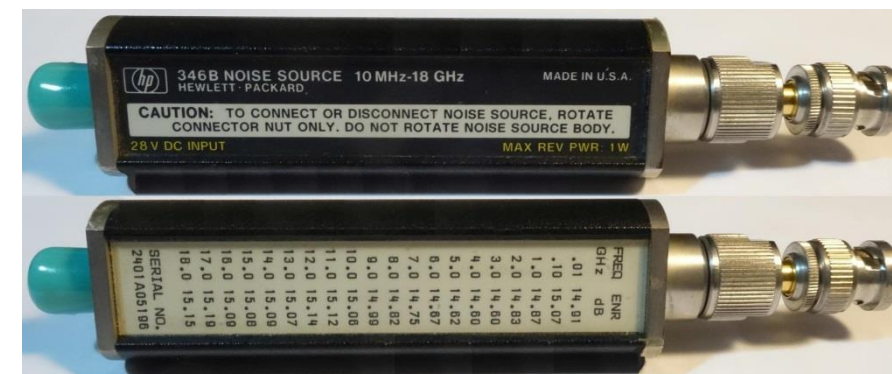


Ruisbron ENR bepalen

Voor het meten van ruisgetallen

Timo Lampe

PE1FOD



Sep 2022

ENR bepalen van een Ruisbron

- Berekenen
 - KTB
 - Ruis levels en BW
 - ENR en level
 - dB / Power / Kelvin
- Signaal sort
 - Ruis / Sinusvormig
 - Detectie ruis / draaggolf
- Waarom is meten zo lastig
 - Detectie
 - Matching / SWR
 - Lage signaal levels
- Analyzer noise marker en average detectie
- Om het geheel compleet te maken alle zijlen bij zetten

Noise Level T=296K
(22.85°C)
1Hz BW
-173.886 dBm

Berekenen Ruis level

Noise power = $K * T * B$ in Watt

- **K**= de constante van Boltzmann: $1.38064852 \times 10^{-23}$
- **T**= Temperatuur in graden Kelvin van af het nulpunt: -273.15°C
- **B**= Bandbreedte van de ruis in Hz
- De standaard omgevings temperatuur is 290K, dat is 16.85°C.
- Je zou ook 296K kunnen gebruiken dat scheelt 0.074dB (= 22.85 °C)
- Van K --> dB $10 * \text{LOG}((\text{Kelvin}/290)+1)$
- Van dB --> K $(10^{(\text{dB}/10)}-1)*290$

ENR Noise Level

Noise power = **KTb**

ENR = excess noise ratio

Noise Level
T=296K (22.85°C)

1Hz BW

-173.886 dBm

- Noise Level in
- 1MHz BW(+60dB)
- **-113.886 dBm**



Noise Level
+15dB ENR
-98.886 dBm

Bolzman

1.38E-23	Room	Freq.	Bw	Power	Noise	
-273.15°C	Temp.	Temp.	BW	KTb	Power	
	C	T [K]	Hz	Watt	dBm	
22.00	295.15	0.002455	1.00E-23	-199.998		
16.85	290.00	1	4.00E-21	-173.975	1.00 Hz	
16.85	290.00	1000000	4.00E-15	-113.975	1.00 MHz	
22.85	296.00	1000000	4.08E-15	-113.886	+6°C	

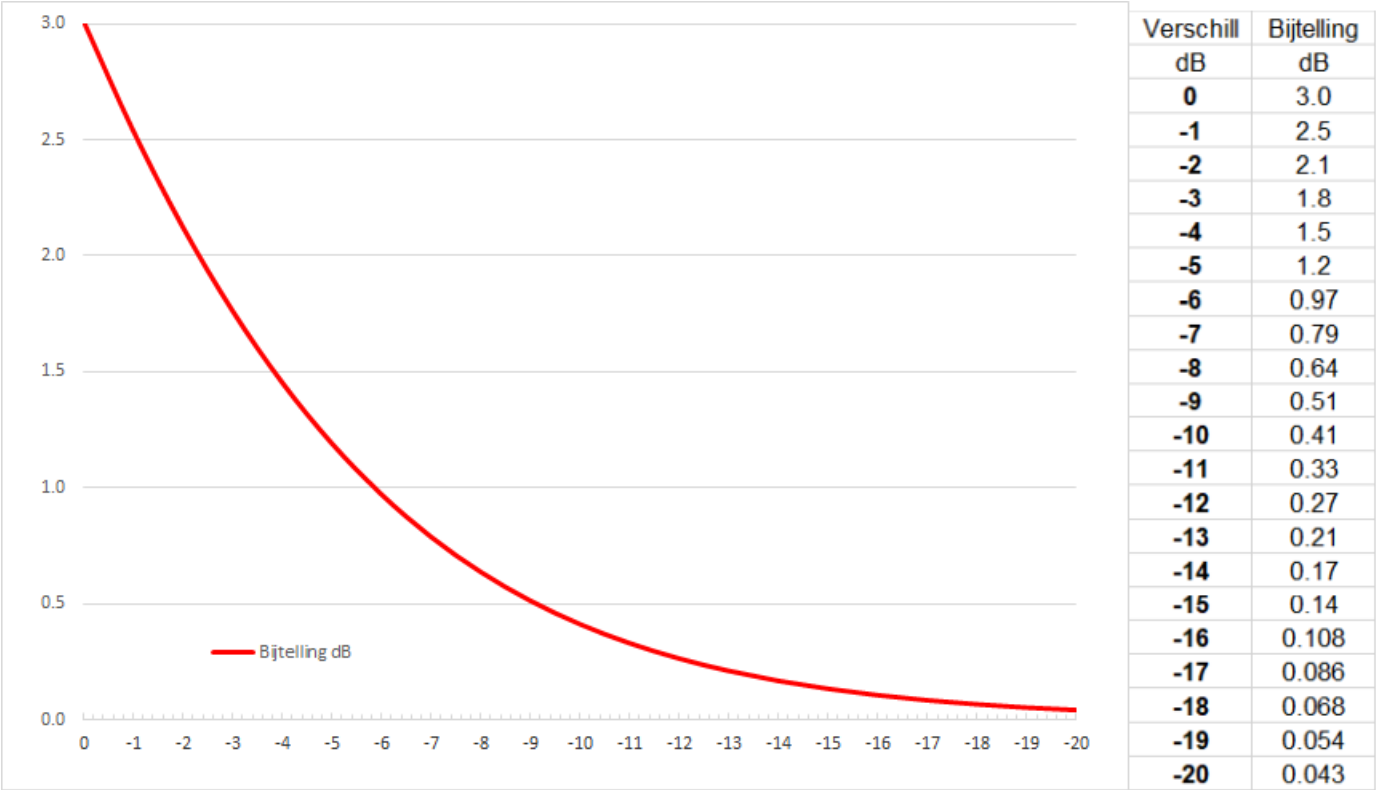
HP346B	ENR	Th
MHz	dB	K
10	14.91	9272.5
100	15.07	9609.6
1000	14.87	9190.2

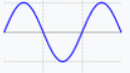
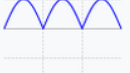
Over bijtelling gesproken

Als je twee signalen samenvoegt dan telt het op, dat is dus ook bij ruis.

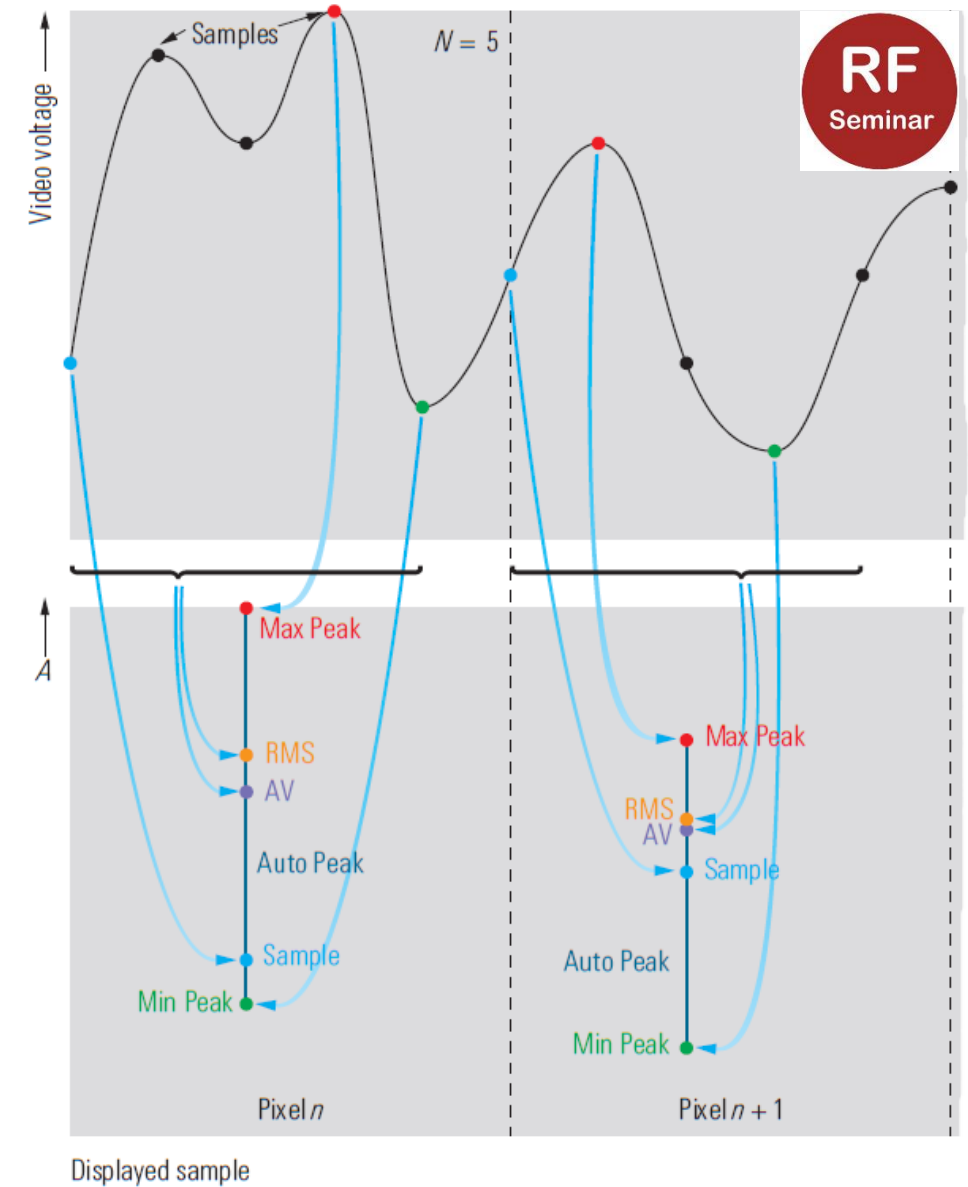
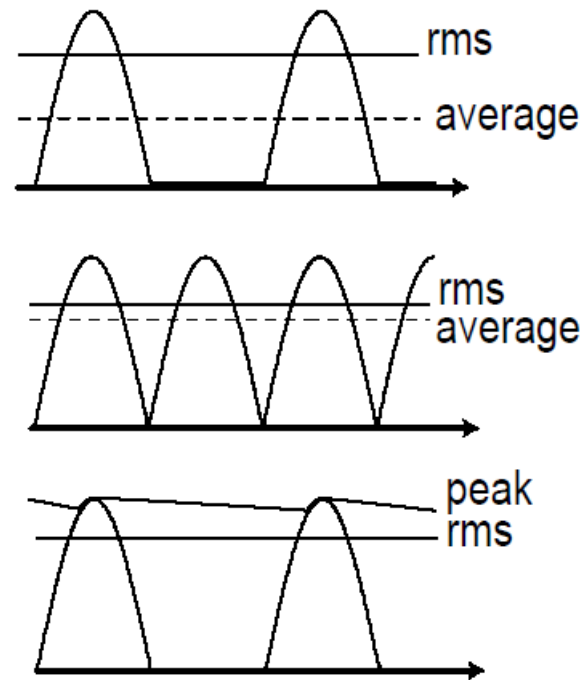
Twee gelijken signalen = x2 = +3dB.

Bij -15dB is dit nog 0.14dB
Niet veel maar alle beetjes helpen!



Wave type	Waveform	RMS value	Crest factor	PAPR (dB)
DC		1	1	0.0 dB
Sine wave		$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707^{[6]}$	$\sqrt{2} \approx 1.414$	3.01 dB
Full-wave rectified sine		$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707^{[6]}$	$\sqrt{2} \approx 1.414$	3.01 dB
Half-wave rectified sine		$\frac{1}{2} = 0.5^{[6]}$	2	6.02 dB
Triangle wave		$\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.577$	$\sqrt{3} \approx 1.732$	4.77 dB
Square wave		1	1	0 dB
PWM Signal $V(t) \geq 0.0$ V		$\sqrt{\frac{t_1}{T}}^{[6]}$	$\sqrt{\frac{T}{t_1}}$	$10 \log \frac{T}{t_1}$ dB
QPSK		1	1	1.761 dB ^[7]
8PSK				3.3 dB ^[8]
$\pi/4$ DQPSK				3.0 dB ^[8]
OQPSK				3.3 dB ^[8]
8VSB				6.5–8.1 dB ^[9]
64QAM		$\sqrt{\frac{3}{7}}$	$\sqrt{\frac{7}{3}} \approx 1.542$	3.7 dB ^[10]
∞ -QAM		$\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.577$	$\sqrt{3} \approx 1.732$	4.8 dB ^[10]
WCDMA downlink carrier				10.6 dB
OFDM			4	~12 dB
GMSK		1	1	0 dB
Gaussian noise		$\sigma^{[11][12]}$	$\infty^{[13][14]}$	∞ dB
Periodic Chirp		$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$	$\sqrt{2} \approx 1.414$	3.01 dB

Detectors en golfvormen



Figs 4-21 Selection of sample to be displayed as a function of detector

Detectie ruis (HP / Agilent / KEYSIGHT)

- AN 1303
- 2.51 dB is het verschil tussen ruis en sinus, ruis is dus 2.51 dB te laag.
- IF filter correctie is afhankelijk van filter type
 - 4-pole sync Most SAs analog 1.128 (0.52 dB)
 - 5-pole sync Some SAs analog 1.111 (0.46 dB)
 - Typical FFT FFT-based SAs 1.05 (0.23 dB)

Dit is alleen nodig als de Spectrum Analyzer dit niet kan, de meeste kunnen dit.

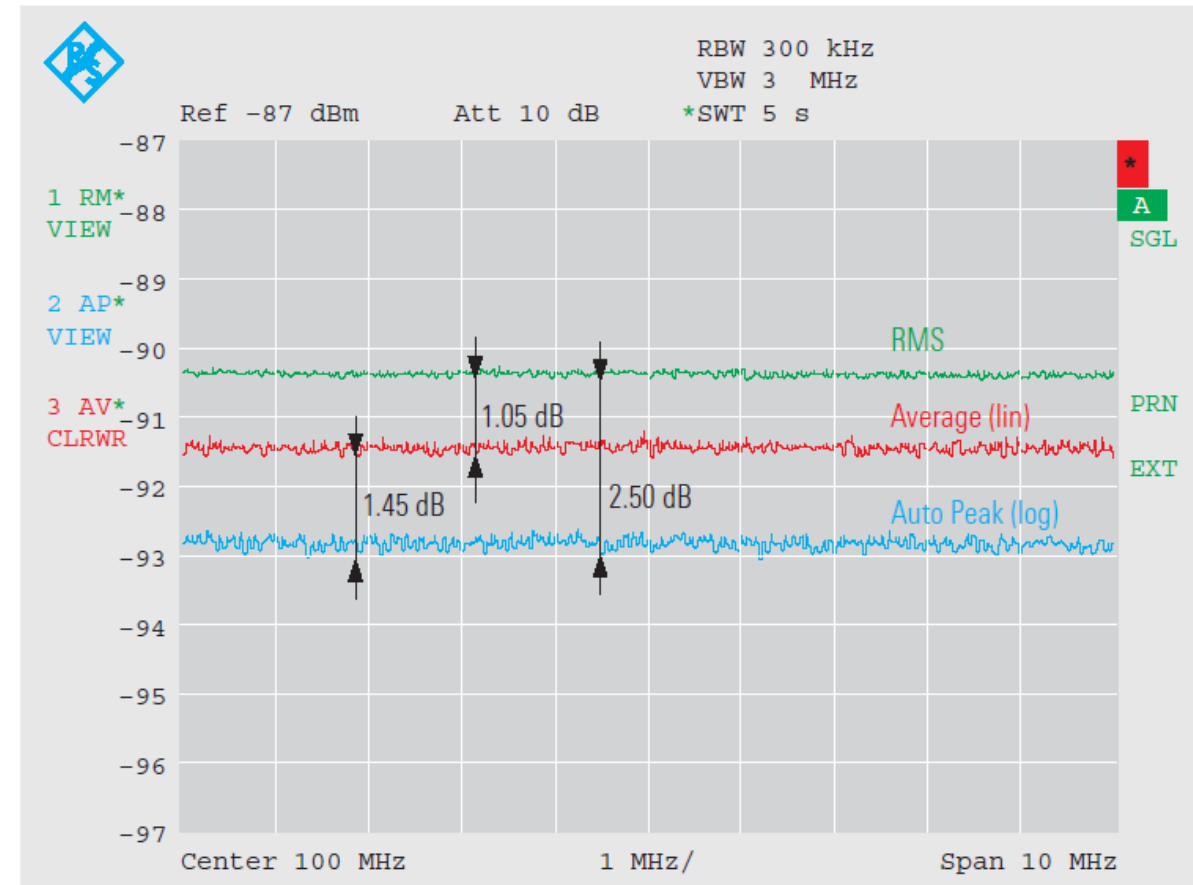
Er zijn twee manieren om het ruislevel te meten

- 1 met de “noise marker”, is een aparte functie
- 2 met de “average detector” (type : power average)
- Deze metingen corrigeren voor de boven staande fout

Detector : Average = Gemiddeld (één getal dat de centrale of typische waarde in een reeks gegevens uitdrukt)

Detectie ruis (R&S)

- Log Noise detectie error = 2.50dB
- IF Filter fout(analoog) 0.52 ~ 0.43 dB bij 4 of 5 pool filter , FFT = 0.23dB
- De Noise Maker doet deze omrekening
- Dit gebeurt ook als de “average detector” (type : power average) geselecteerd is
- Hier is dus verschil tussen Agilent en R&S in het weergegeven van RMS en average maar komt op het zelfdeneer



Ruis power meten met Spectrum Analyzer

- Door de “noise marker” aan te zetten wordt dit in de Spectrum Analyzer verrekend
- Dit gebeurt ook als de average detector wordt gebruikt
- Er dient dan wel de juiste average methode te worden ingesteld
Type : Power Average(R&S noemt dit RMS detector)
- Dan kan er ook nog **Trace average** worden toegepast om minder ruis in het meetresultaat over te houden

Hoe gemeten

Analyzer (+ preamp on)

Gebruik voldoende voorversterking ($> 30\text{dB}$) zodat het totale ruisgetal kleiner is dan 2dB

Meet deze versterker met een netwerk analyzer(S21) om de gain afwijking te kunnen verrekenen.

Als de Spectrum Analyzer een ingebouwde preamp heeft dan is 15dB voldoende

Trace : ook op Average 10 ~ 100

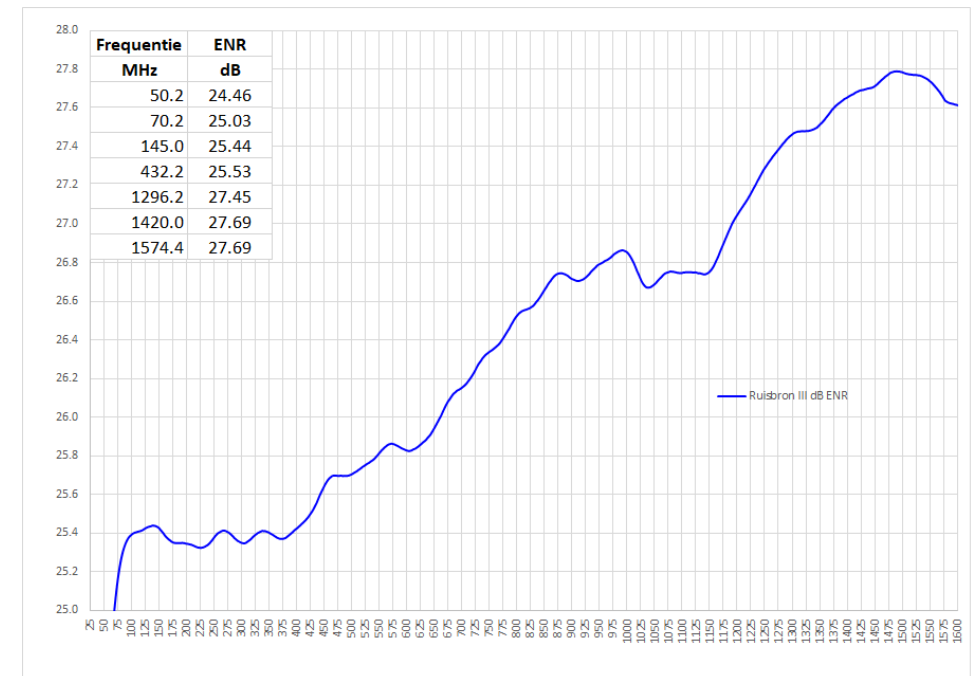
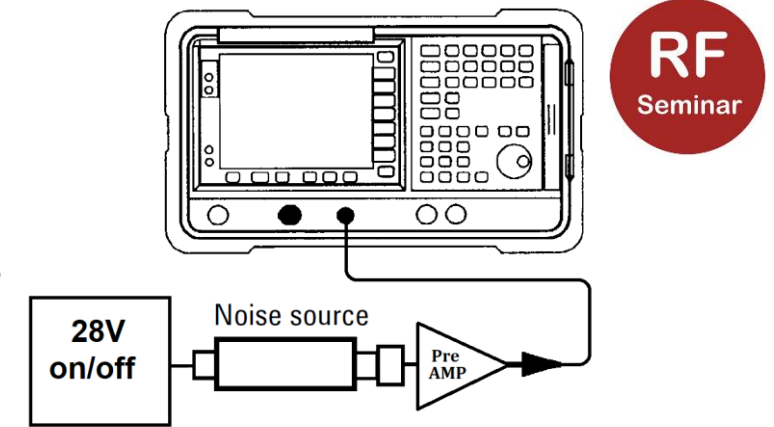
ATT = 0dB

(wees voorzichtig, eerst alles aansluiten dan pas preamp aan zetten)

Je blijft amplitude rimpelingen zien in de ruis metingen door aanpassings fouten

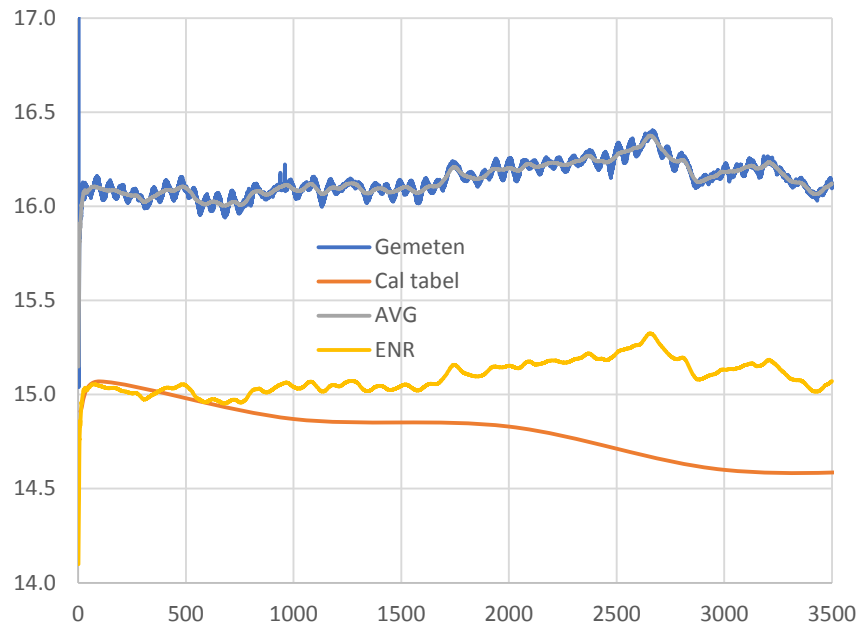
De Ruis bron HP346B is mooi vlak over het frequentie bereik.

Zelf gemaakte bronnen vaak niet maar als je het kan meten dan kun je het ook verrekenen, je eigen cal tabel maken.



Gemeten met : Agilent N9020A Spectrum Analyzer

(te weinig voorversterking, geen level correctie)



Ruisgetal is 8 ~ 10 dB

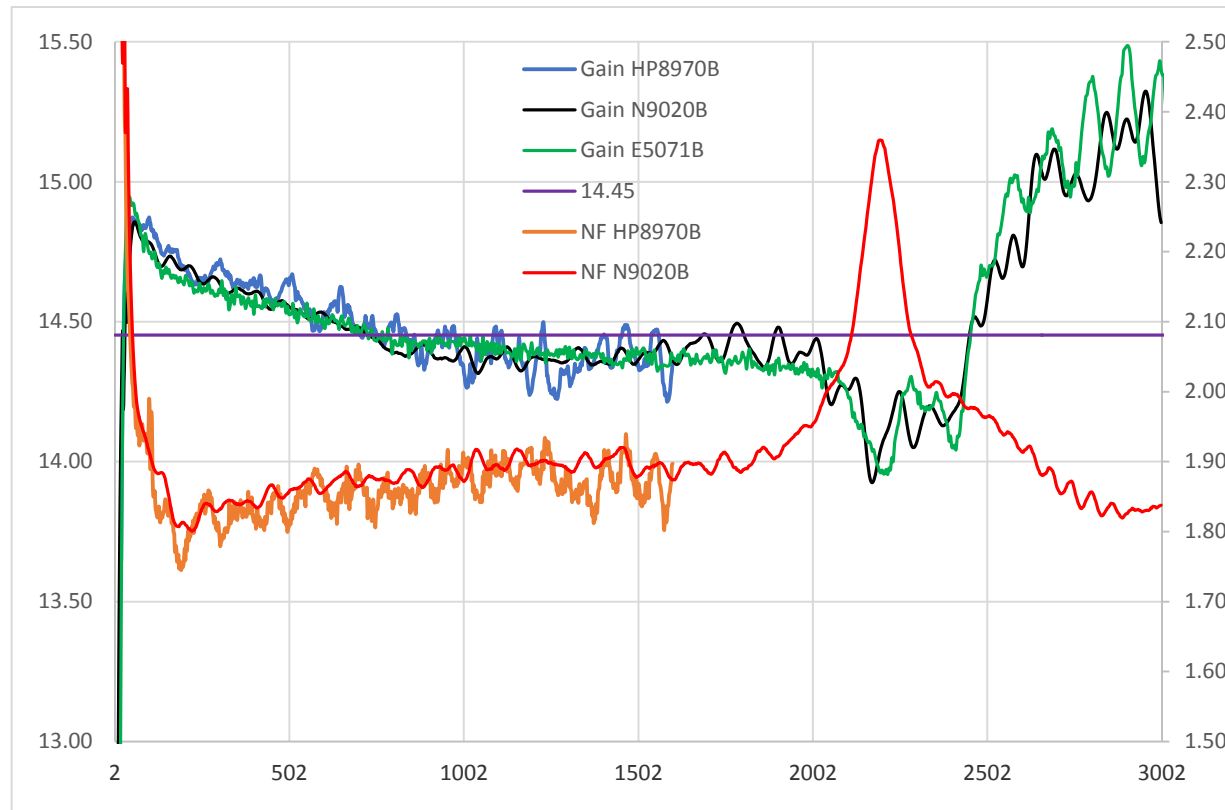
Hier ontstaat een bijtelling van 0.8 ~ 1.2dB

Gecorrigeerd met 1.05dB, dan kom je in de buurt van de kalibratie waarde.

Vermoedelijk door een te hoog ruisgetal.

Het verloop van het ruis volgt de gemeten ENR cal waarde niet.

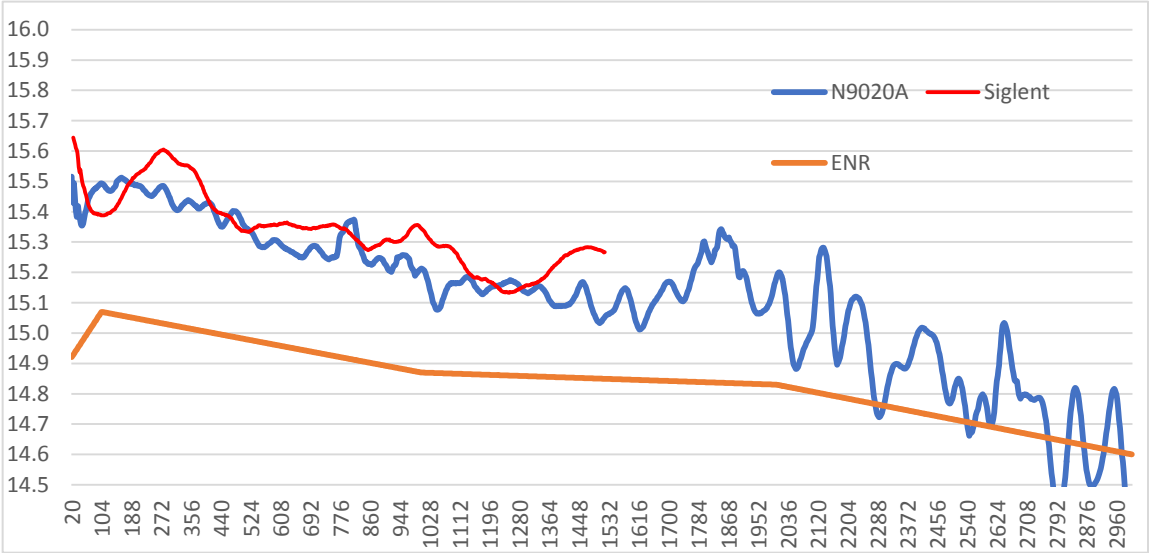
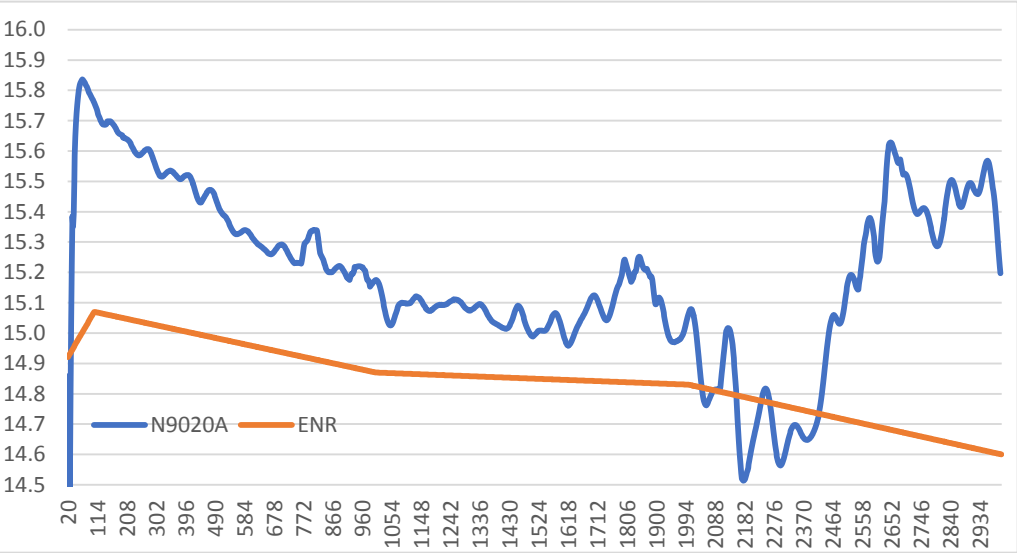
Amp Mini-Circuits ZX60-P105LN+



Gemiddelde Gain = 14.45dB (paars)
over het vlakste gedeelte 40-2050MHz
Deze van de gemeten Gain af te trekken
dan blijft de correctie over.



Zonder en met level correctie



Het gain verloop (van de preamp) over frequentie moet gecorrigeerd worden in de ruis meting

Hier met de correctie verrekend

Spectrum analyzer settings :

Detector : Average

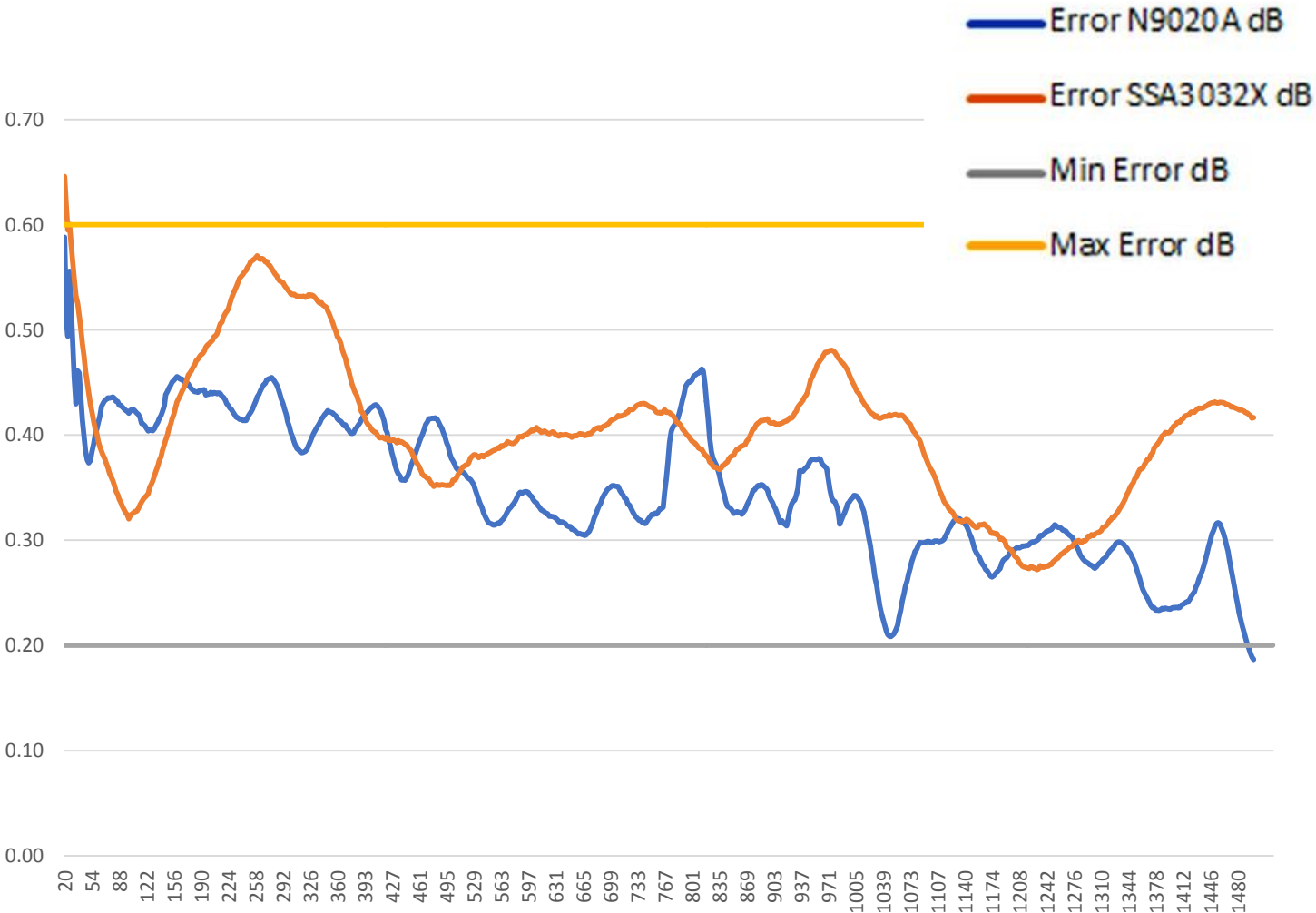
Average Type : Power Avg

Trace Type : Average

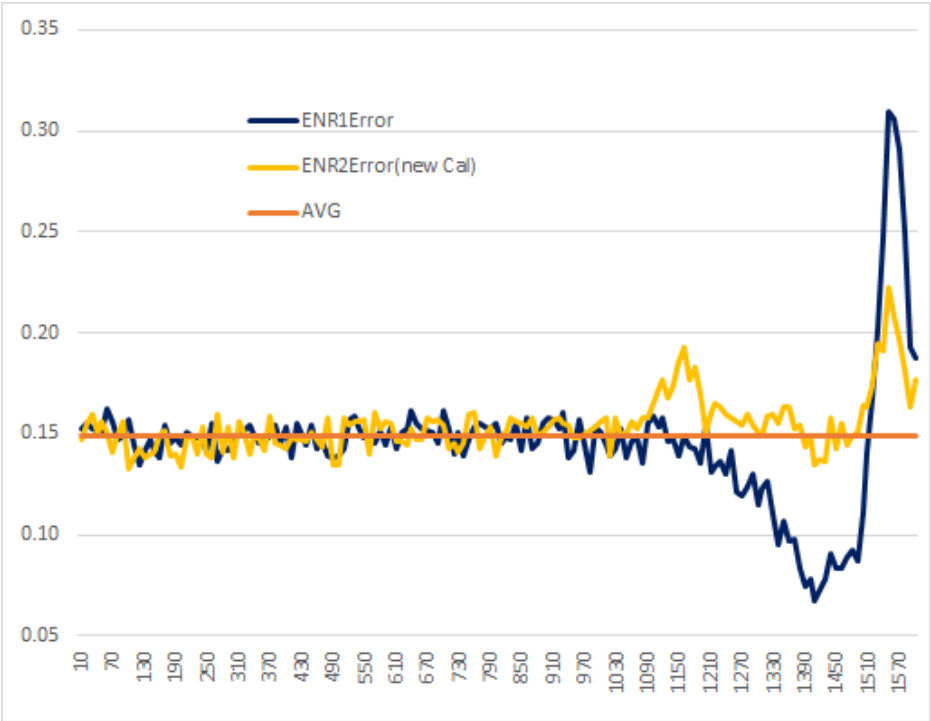
Vershil tussen Agilent en Siglent

- Agilent N9020A
- Siglent SSA3032X

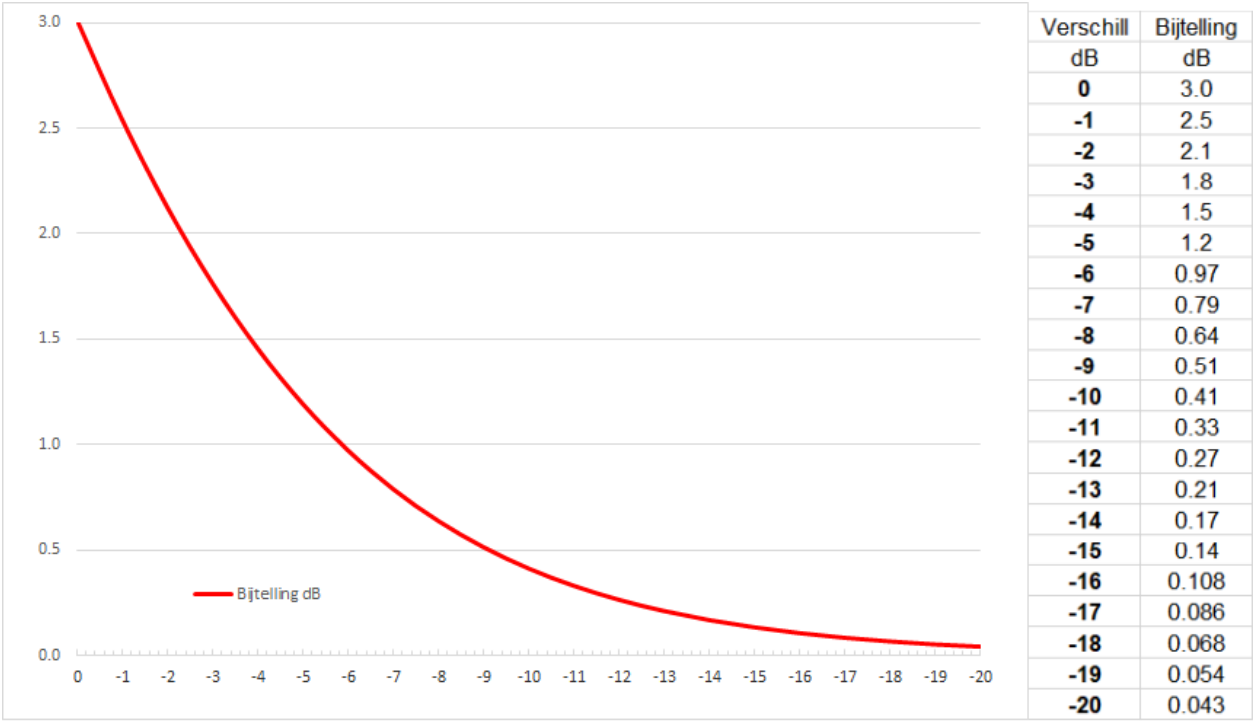
	Error	Error	
	N9020A	SSA3032X	
AVG	0.35	0.41	dB
Max	0.59	0.65	dB
Min	0.19	0.27	dB
Max-Min	0.40	0.37	dB



Error's

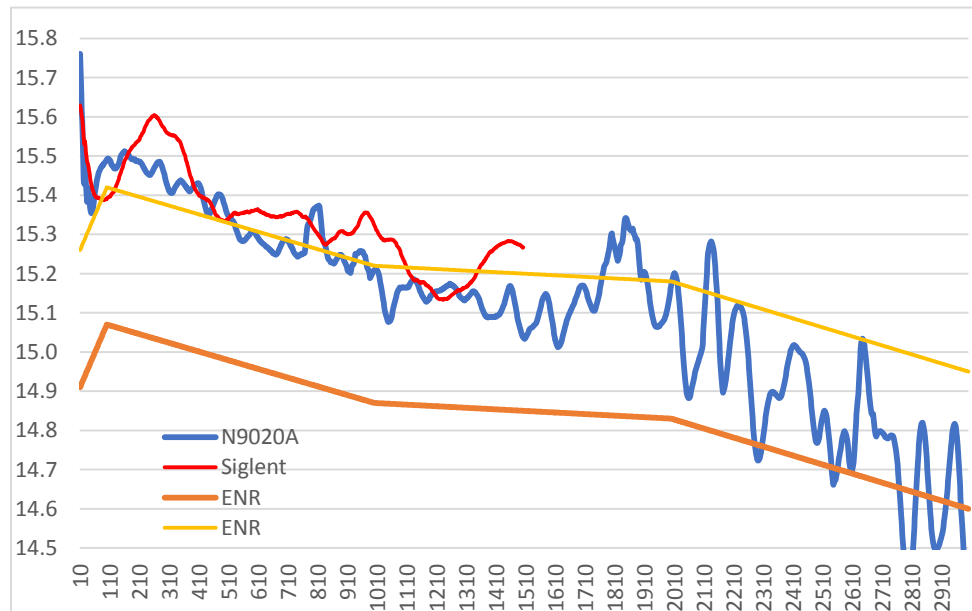


ENR level gemeten met HP8970B
De ingangs ruis vloer + ENR = +0.15dB



-15dB bijtelling = +0.14dB

Error's

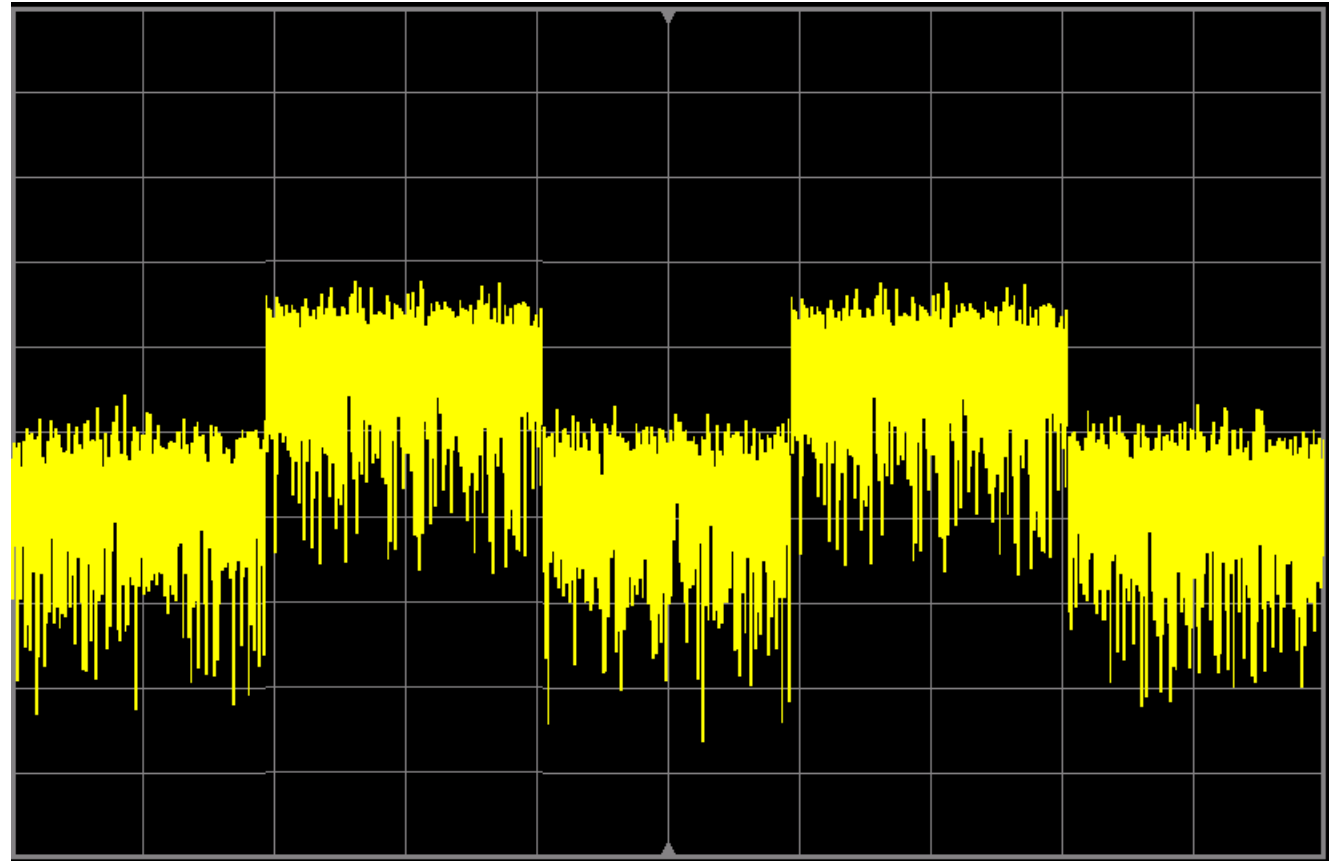


Bijtelling is frequentie afhankelijk.

- **0.35 dB** over (te veel)
- Ruis Bijtelling = 0.14dB
- Te veel = 0.35dB
- Error = 0.21dB

Ruis aan/uit schakelen

De HP8970 schakelt de ruisbron.
Zo als te zien in het plaatje hier naast.
Het verschil tussen aan en uit is 15dB wat ENR genoemd wordt.
De ruismeter meet het level uit en het level aan en hier uit komt dan de zo geheten Y waarde.
Dit schakelen gebeurt in een ritme van 200Hz, 25mS aan 25mS uit.
Dus de ruisbron moet snel genoeg aan en uit schakelen.
Wat met de Analyzer methode niet nodig is om dat we een “trace aan” en een “trace uit” opslaan wat een statisch proces is.



Conclusie

- ENR is zelf te meten
 - Blijft wel een kleine fout over
 - Door te kunnen bepalen wat de ENR is, is ruisgetal meten mogelijk
-
- To-do:
 - Meten met Powermeter via Converter
 - Maken Ruisbron

Links / Info

- AN1303 (Agilent-AN1303 5966-4008E.pdf)
- DK7JB-Rauschmessungen_rauschma_und_rauschzahl_ver00a.pdf
- DF9IC-dorsten11_ppt_rauschquellen.pdf
- G8KBB

- glenn_howard.pdf

http://resource.npl.co.uk/docs/networks/anamet/members_only/meetings/20/glenn_howard.pdf

- Fundamentals of Spectrum Analysis

Christoph Rauscher, Rohde & Schwarz, ISBN 978-3-939837-01-5