

## XIII.4 HF-Rauschen

Zur Messung des Rauschleistungsverhältnisses von Rauschquellen steht der Spektrumanalysator Rohde & Schwarz FSEK30 mit der Option FS-K3 und eine kalibrierte Rauschquelle HP 346B zur Verfügung

### XIII.4.1 Rückführung und verwendete Messmittel

Bezugsnormale, siehe auch Kapitel II:

Normal	Frequenzbereich	Steckersystem	Nennwert	Rückführung
Hewlett Packard 346B	10 MHz bis 18 GHz	3,5 mm	15 dB ENR	METAS

Tabelle XIII.4.1.1

### XIII.4.2 Messverfahren mit automatischer Software R&S FS-K3

Die Rauschzahlmessung erfolgt im Vergleich mit der kalibrierten Rauschquelle prinzipiell genau so wie in der Bedienanleitung der Software angegeben. Die Messungen sind dabei der Mittelwert aus mindestens zwei axial rotierten Positionen des Messobjektes. Es ist zu empfehlen die Kalibrierung am Spektrumanalysator mit hoher Filter- und kleiner Videobandbreite und zusätzlicher Mittelwertbildung durchzuführen (N>10). Um gleichzeitig Messobjekt und Normal unter Betriebsspannung zu halten können beide Geräte an einer T-Verzweigung parallel betrieben werden. Einflüsse von zusätzlichen Störern auf der Versorgungsspannung werden durch Einsatz eines Tiefpasses am Eingang der Rauschquellen vermieden.

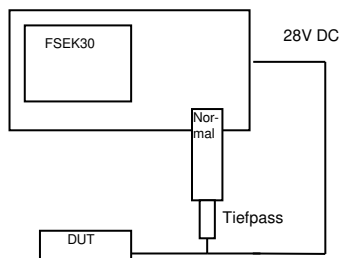


Bild XIII.4.1.1 Einkalibrierung am Normal

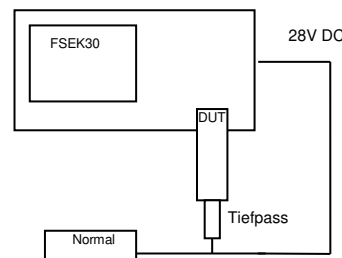
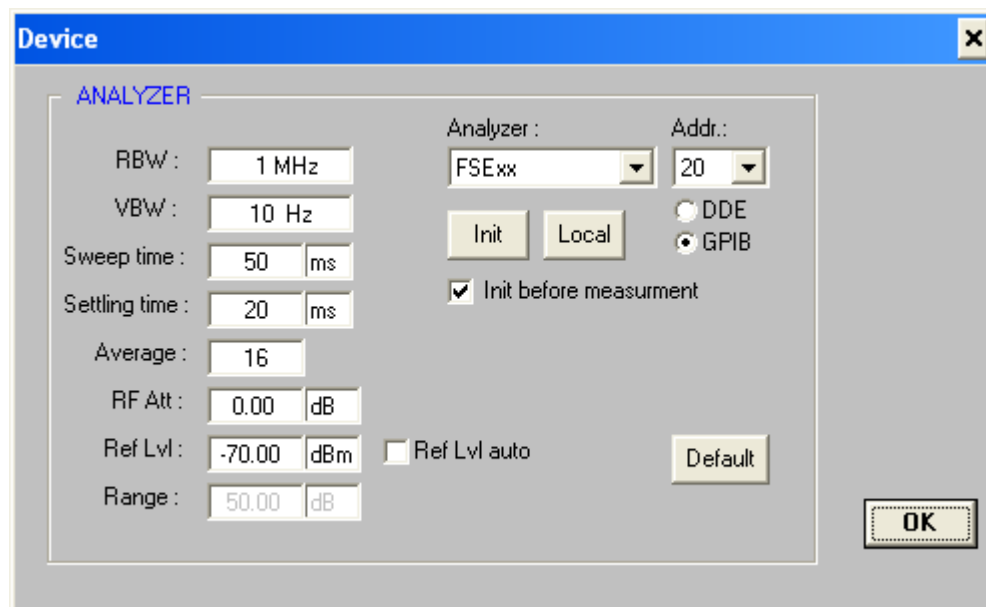


Bild XIII.4.1.2 Messung am Messobjekt



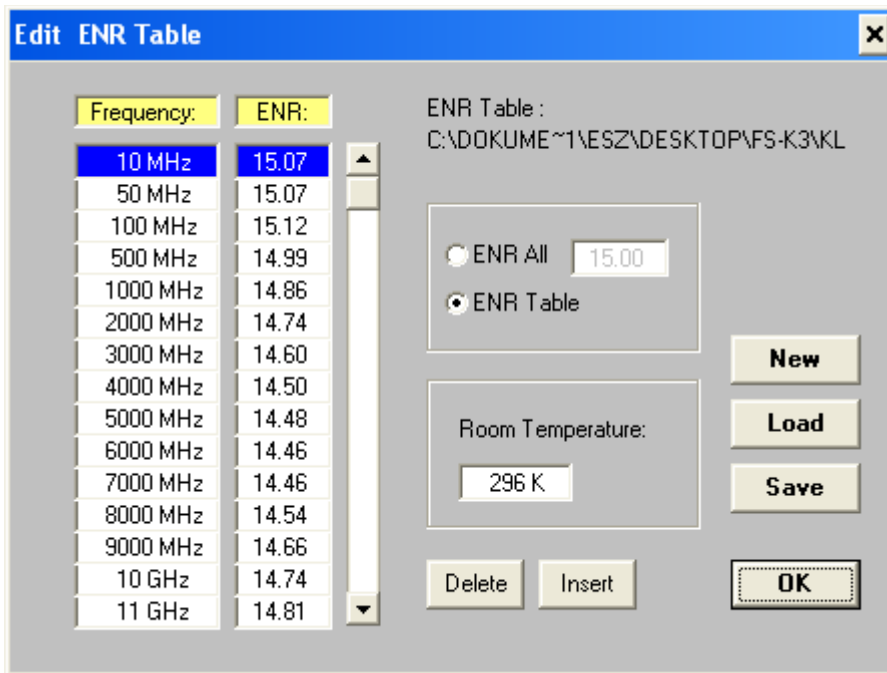


Bild XIII.4.1.3 Einstellungen der Software – In der Tabelle werden die Referenzwerte der Rauschquelle hinterlegt, „Room Temperature“ enthält die Umgebungstemperatur (i.d.R. 23 °C = 296 K)

### XIII.4.2 Messunsicherheitsbilanz

Die Berechnung der Messunsicherheit erfolgt anhand der Modellgleichung

$$ENR_{DUT} = ENR_M + \delta ENR_{Calibration} + \delta ENR_{Mismatch,DUT} + \delta ENR_{Mismatch,Normal} + \delta ENR_{Drift} + \delta ENR_{Random} + \delta ENR_{Lin}$$

Mit

$ENR_{DUT}$	gesuchtes Rauschleistungsverhältnis des Messobjektes
$ENR_M$	gemessenes Rauschleistungsverhältnis am Spektrumanalysator.
$\delta ENR_{Calibration}$	Abweichung durch die Unsicherheit der Kalibrierwerte des Normal
$\delta ENR_{Mismatch,DUT}$	Abweichung durch Fehlanpassungen zwischen Messobjekt und Spektrumanalysator
$\delta ENR_{Mismatch,Normal}$	Abweichung durch Fehlanpassungen zwischen Normal und Spektrumanalysator
$\delta ENR_{Drift}$	Einfluss der Drift der Kalibrierwerte des Normal
$\delta ENR_{Random}$	zufällige Einflüsse durch Wiederholbarkeit der Messung, Rauschen, Temperaturschwankungen, Nichtlinearität des Empfängers etc.
$\delta ENR_{Lin}$	Einfluss durch die Nichtlinearität des Empfängers

$\delta ENR_{Calibration}$  Die Unsicherheit der Kalibrierwerte des Normal ist dem Kalibrierschein entnehmbar: Maximal 0,1 dB bis 10 GHz und 0,2 dB bis 18 GHz.

$\delta ENR_{Mismatch,DUT}$   
 $\delta ENR_{Mismatch,Normal}$  Das Unsicherheitsintervall (ohne Gamma-Korrektur ) durch die Fehlanpassungen zwischen Spektrumanalysator und Rauschquelle kann ausgedrückt werden zu

$$a_{mismatch} = 200 \cdot |\Gamma_{Quelle}| \cdot |\Gamma_{Last}| \%$$

Es wird angenommen, dass bei vergleichbaren Rauschquellen mögliche Abweichungen der identischen Größenordnung auftreten. Mit  $|\Gamma_{Last}| < 0,2$  und  $|\Gamma_{Quelle}| < 0,07$  bis 18 GHz ergibt sich ein Unsicherheitsintervall von etwa 2,8 % bzw. 0,12 dB

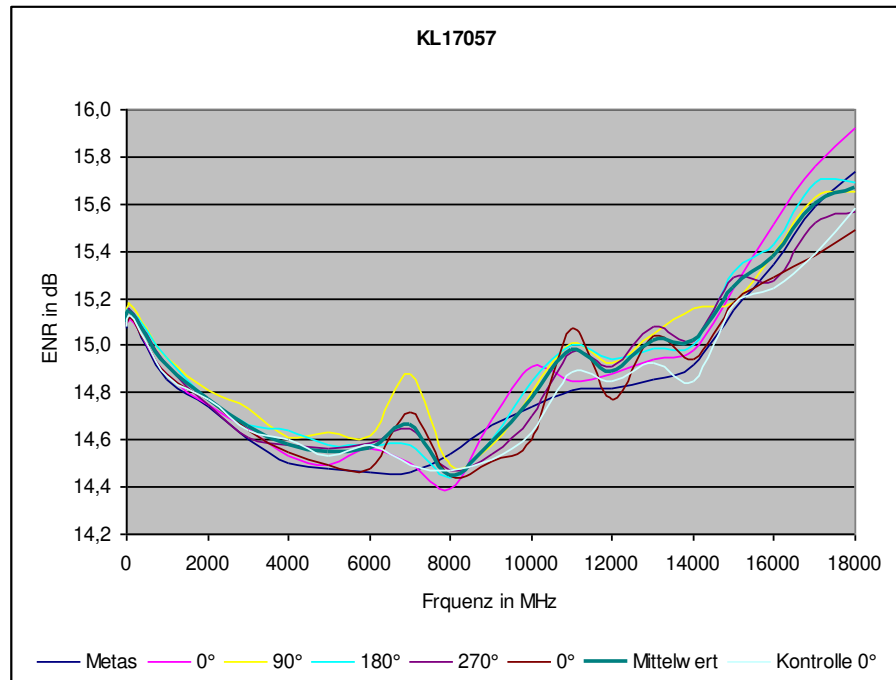
$\delta ENR_{Drift}$  Zur Abschätzung einer möglichen Drift wurden die ursprünglichen Herstellerangaben mit denen der Kalibrierung verglichen: Maximal 0,1 dB bis

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
DMS.8	von: PF am: s.DMS	von: s. DMS am: s. DMS	Qualitätsmanagementhandbuch - XIII.4 HF-Rauschen	2

10 GHz und 0,2 dB bis 18 GHz.

$\delta ENR_{Random}$

Diese Einflüsse wurden durch Wiederholungsmessungen des Normal gegen „sich selbst“ in verschiedenen Positionen abgeschätzt:



Die maximalen Wiederholbarkeitsintervalle werden zu 0,1 dB bis 10 GHz und 0,15 dB bis 18 GHz angenommen

$\delta ENR_{Lin}$

Die Nichtlinearität des Empfängers wurde gemessen und konnte über einen Dynamikbereich von  $\pm 10$  dB im schlechtesten Fall zu 0,07 dB bestimmt werden

**Messunsicherheitsbilanz:**

Für die dem Ergebnis beizuordnende Standardmessunsicherheit ergibt sich:

$$u^2(ENR_{DUT}) = u^2(ENR_M) + u^2(\delta ENR_{Calibration}) + u^2(\delta ENR_{Mismatch,DUT}) + u^2(\delta ENR_{Mismatch,Normal}) + u^2(\delta ENR_{Drift}) + u^2(\delta ENR_{Random}) + u^2(\delta ENR_{Lin})$$

**Tabellarische Darstellung der Messunsicherheitsbilanz**

Größe	Schätzwert	Halbbreite	Verteilung	Unsicherheit	Sensitivität skoeffizient	Unsicherheitsbeitrag
$X_i$	$x_i$	$a$		$u(x_i)$	$ c_i $	$u_i(y)$
$ENR_M$	$ENR_M$	$\sigma_M$		$u(ENR_M) = \frac{\sigma_m}{\sqrt{N}}$	1	$u_M$
$ENR_{Calibration}$	0	$a_{Cal}$	Normal	$u(\delta ENR_{Calibration}) = \frac{a_{Cal}}{2}$	1	$u_{Cal}$
$ENR_{Mismatch,DUT}$	0	$a_{MM,DUT}$	U-verteilt	$u(\delta ENR_{Mismatch,DUT}) = \frac{a_{MM,DUT}}{\sqrt{2}}$	1	$u_{MM,DUT}$
$ENR_{Mismatch,Normal}$	0	$a_{MM,Normal}$	U-verteilt	$u(\delta ENR_{Mismatch,Normal}) = \frac{a_{MM,Normal}}{\sqrt{2}}$	1	$u_{MM,Normal}$
$ENR_{Drift}$	0	$a_{Drift}$	Rechteck	$u(\delta ENR_{Drift}) = \frac{a_{Drift}}{\sqrt{3}}$	1	$u_{Drift}$
$ENR_{Lin}$	0	$a_{Lin}$	Rechteck	$u(\delta ENR_{Lin}) = \frac{a_{Lin}}{\sqrt{3}}$	1	$u_{Lin}$
$ENR_{Random}$	0	$a_{Random}$	Rechteck	$u(\delta ENR_{Random}) = \frac{a_{Random}}{\sqrt{3}}$	1	$u_{Random}$

Größe	Schätzwert	Halbbreite	Verteilung	Unsicherheit	Sensitivität skoeffizient	Unsicherheitsbeitrag
$X_i$	$x_i$	$a$		$u(x_i)$	$ c_i $	$u_i(y)$
$ENR_{DUT}$	$ENR_M$			$u(ENR_{DUT}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)}$		$u(ENR_{DUT})$
	rel. erweiterte Messunsicherheit(k=2)			$U(ENR_{DUT}) = k \cdot u(ENR_{DUT})$		$U(ENR_{DUT})$

### XIII.4.3 Berechnung und Ergebnisse

10 MHz bis 10 GHz (für kleinste angebbare Messunsicherheit und gut reproduzierbares Messobjekt)

Größe	Schätzwert	Halbbreite	Verteilung	Unsicherheit	Sensitivität skoeffizient	Unsicherheitsbeitrag
$X_i$	$x_i$	$a$		$u(x_i)$	$ c_i $	$u_i(y)$
$ENR_M$	15,00 dB	0		0	1	0
$ENR_{Calibration}$	0	0,1 dB	Normal	$\frac{0,1 dB}{2}$	1	0,05 dB
$ENR_{Mismatch,DUT}$	0	0,043 dB	U-verteilt	$\frac{0,12 dB}{\sqrt{2}}$	1	0,085 dB
$ENR_{Mismatch,Normal}$	0	0,043 dB	U-verteilt	$\frac{0,12 dB}{\sqrt{2}}$	1	0,085 dB
$ENR_{Drift}$	0	0,1 dB	Rechteck	$\frac{0,1 dB}{\sqrt{3}}$	1	0,058 dB
$ENR_{Lin}$	0	0,07 dB	Rechteck	$\frac{0,07 dB}{\sqrt{3}}$	1	0,040 dB
$ENR_{Random}$	0	0,1 dB	Rechteck	$\frac{0,1 dB}{\sqrt{3}}$	1	0,058 dB
$ENR_{DUT}$	15,00 dB			$u(ENR_{DUT}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)}$		0,16 dB
	rel. erweiterte Messunsicherheit(k=2)			$U(ENR_{DUT}) = k \cdot u(ENR_{DUT})$		0,32 dB

>10 GHz bis 18 GHz

Größe	Schätzwert	Halbbreite	Verteilung	Unsicherheit	Sensitivität skoeffizient	Unsicherheitsbeitrag
$X_i$	$x_i$	$a$		$u(x_i)$	$ c_i $	$u_i(y)$
$ENR_M$	15,00 dB	0		0	1	0
$ENR_{Calibration}$	0	0,2 dB	Normal	$\frac{0,2 dB}{2}$	1	0,1 dB
$ENR_{Mismatch,DUT}$	0	0,043 dB	U-verteilt	$\frac{0,12 dB}{\sqrt{2}}$	1	0,085 dB
$ENR_{Mismatch,Normal}$	0	0,043 dB	U-verteilt	$\frac{0,12 dB}{\sqrt{2}}$	1	0,085 dB
$ENR_{Drift}$	0	0,2 dB	Rechteck	$\frac{0,2 dB}{\sqrt{3}}$	1	0,12 dB
$ENR_{Lin}$	0	0,07 dB	Rechteck	$\frac{0,07 dB}{\sqrt{3}}$	1	0,040 dB
$ENR_{Random}$	0	0,15 dB	Rechteck	$\frac{0,1 dB}{\sqrt{3}}$	1	0,087 dB
$ENR_{DUT}$	15,00 dB			$u(ENR_{DUT}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)}$		0,22 dB
	rel. erweiterte Messunsicherheit(k=2)			$U(ENR_{DUT}) = k \cdot u(ENR_{DUT})$		0,44 dB

Messgröße, Kalibriergegenstand	Messbereich, Messspanne	Messbedingungen, Verfahren	berechnete Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Rauschleistungs- verhältnis (ENR)  Kalibrierung von Rauschquellen /	5 dB bis 25 dB	10 MHz bis 10 GHz	0,32 dB	3,5 mm-Konnektor Kalibrierung an den Frequenz-Stützwerten des Normals: 10 MHz, 50 MHz, 100 MHz, 500 MHz, 1 GHz bis 18 GHz in 1 GHz Schritten
	5 dB bis 25 dB	>10 MHz bis 18 GHz	0,44 dB	



© esz AG, 2018

Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International zugänglich. Um eine Kopie dieser Lizenz einzusehen, konsultieren Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> oder wenden Sie sich brieflich an Creative Commons, Postfach 1866, Mountain View, California, 94042, USA.

<b>Ausgabe:</b>	<b>erstellt</b>	<b>geprüft/ genehmigt</b>	<b>Kapitel</b>	<b>Seite</b>
DMS.8	von: PF am: s.DMS	von: s. DMS am: s. DMS	Qualitätsmanagementhandbuch - <b>XIII.4 HF-Rauschen</b>	6