

## Kalibrierung eines Leistungsmesskopfes bei der Frequenz von 18 GHz

Autor: DKD

Dieses Beispiel wurde der DKD-3-E1 entnommen (siehe unter S6).

Zur Kalibrierung wird ein HF-Leistungsmesskopf mit einem als Referenznormal dienenden kalibrierten Leistungsmesskopf nach der Substitutionsmethode unter Benutzung eines stabilen TransfERNormales mit bekanntem, kleinen Reflexionsfaktor verglichen. Gemessen wird der Kalibrierungsfaktor, der als das Verhältnis der einfallenden Leistung (incident power) bei der Bezugsfrequenz von 50 MHz zur einfallenden Leistung bei der Kalibrierfrequenz definiert ist, unter der Bedingung, dass beide Eingangsleistungen zum gleichen Ausgangssignal des Leistungsmesskopfes führen. Bei der Kalibrier- und der Bezugsfrequenz wird für den zu kalibrierenden Leistungsmesskopf resp. den Referenzmesskopf das Leistungsverhältnis bezüglich des im TransfERNormales integrierten Messkopfes mit einem zweikanaligen Leistungsmesser bestimmt, der das Leistungsverhältnis direkt anzeigt.

### Modellgleichung:

$$K_X = (K_S + \delta K_D) * (M_{Sr} * M_{Xc}) / (M_{Sc} * M_{Xr}) * p_{Cr} * p_{Cc} * p$$

### Liste der Größen:

Größe	Einheit	Definition
$K_X$		unbekannter Kalibrierungsfaktor
$K_S$		Kalibrierungsfaktor des Referenzleistungsmesskopfes
$\delta K_D$		Änderung des Kalibrierungsfaktors des Referenzleistungsmessers seit seiner letzten Kalibrierung aufgrund einer Drift
$M_{Sr}$		Fehlanpassungsfaktor des Referenzmesskopfes bei der Bezugsfrequenz
$M_{Xc}$		Fehlanpassungsfaktor des zu kalibrierenden Messkopfes bei der Kalibrierfrequenz
$M_{Sc}$		Fehlanpassungsfaktor des Referenzmesskopfes bei der Kalibrierfrequenz
$M_{Xr}$		Fehlanpassungsfaktor des zu kalibrierenden Messkopfes bei der Bezugsfrequenz
$p_{Cr}$		Korrektur des beobachteten Verhältnisses aufgrund der Nichtlinearität und der begrenzten Auflösung des Leistungsmessers beim Leistungsverhältnis der Bezugsfrequenz
$p_{Cc}$		Korrektur des beobachteten Verhältnisses aufgrund der Nichtlinearität und der begrenzten Auflösung des Leistungsmessers beim Leistungsverhältnis der Kalibrierfrequenz
$p$		$=p_{ix}/p_{is}$ , beobachtetes Leistungsverhältnis, das sich ergibt aus dem angezeigten Leistungsverhältnis für den Bezugsmesskopf und den zu kalibrierenden Messkopf

**$K_S$ :** Typ B Normalverteilung  
Wert: 0.957  
Erweiterte Messunsicherheit: 0.011  
Erweiterungsfaktor: 2

**BEZUGSMESSKOPF:** Der Bezugsmesskopf ist sechs Monate zuvor kalibriert worden. Der im Kalibrierschein angegebene Wert des Kalibrierungsfaktors beträgt  $(95,7 \pm 1,1) \%$  (Erweiterungsfaktor  $k = 2$ ); dieser Wert wird als  $0,957 \pm 0,011$  benutzt.

**$\delta K_D$ :** Typ B Rechteckverteilung  
Wert: -0.001  
Halbbreite der Grenzen: 0.002

S6	Kalibrierung eines Leistungsmesskopfes bei der Frequenz von 18 GHz	
<p>DRIFT DES NORMALS: Die Drift des Kalibrierungsfaktors des Bezugsnormals wird aus jährlichen Kalibrierungen auf -0,002 pro Jahr mit Abweichungen von <math>\pm 0,004</math> abgeschätzt. Aus diesen Werten ergibt sich die Drift des Bezugsmesskopfes, der ein halbes Jahr vorher kalibriert wurde, zu -0,001 mit maximalen Abweichungen von <math>\pm 0,002</math>.</p> <p><b>M<sub>Sr</sub>:</b> Typ B U-förmige Verteilung Wert: 1.0 Halbbreite der Grenzen: 0.0008</p> <p>FEHLANPASSUNGSFAKTOREN: Da das Transfornormalsystem keine vollkommene Anpassung aufweist und die Phase der Reflexionsfaktoren des Transfornormals, des zu kalibrierenden Leistungsmesskopfes und des Referenzleistungsmesskopfes nicht bekannt sind, besteht eine Unsicherheit aufgrund möglicher Fehlanpassungen für die einzelnen Messköpfe bei der Bezugs- und der Kalibrierfrequenz. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der einzelnen Anteile ist U-förmig und die entsprechenden Grenzen werden durch die Abweichung durch die Reflexionsfaktoren bestimmt (siehe DKD-3-E1 S6.8).</p> <p><b>M<sub>x<sub>c</sub></sub>:</b> Typ B U-förmige Verteilung Wert: 1.0 Halbbreite der Grenzen: 0.0168</p> <p><b>M<sub>Sc</sub>:</b> Typ B U-förmige Verteilung Wert: 1.0 Halbbreite der Grenzen: 0.014</p> <p><b>M<sub>Xr</sub>:</b> Typ B U-förmige Verteilung Wert: 1.0 Halbbreite der Grenzen: 0.0008</p> <p><b>p<sub>Cr</sub>:</b> Typ B Normalverteilung Wert: 1.0 Erweiterte Messunsicherheit: 0.00142 Erweiterungsfaktor: 1.0</p> <p>LINEARITÄT UND AUFLÖSUNG DES LEISTUNGSMESSERS: Die erweiterte Messunsicherheit von 0,002 (Erweiterungsfaktor <math>k=2</math>) bzw. 0,0002 (Erweiterungsfaktor <math>k=2</math>) wird den Leistungsmessergebnissen auf dem Leistungsverhältnissniveau der Bezugsfrequenz bzw. auf dem Leistungsverhältnissniveau der Kalibrierfrequenz aufgrund von Nichtlinearitäten des verwendeten Leistungsmessers beigeordnet. Diese Werte sind in früheren Messungen gewonnen worden. Da derselbe Leistungsmesser für die Beobachtung von <math>p_s</math> und <math>p_x</math> verwendet wird, sind die Unsicherheitsbeiträge bei der Bezugs- und der Kalibrierfrequenz korreliert. Die Leistungsverhältnisse werden bei beiden Frequenzen bestimmt, so dass der Effekt der Korrelation zu einer Verringerung der Messunsicherheit führt. Daher muss nur die auf systematische Effekte zurückzuführende relative Differenz zwischen den Anzeigen berücksichtigt werden (siehe mathematische Anmerkung in Abschnitt S3.12). Das führt dazu, daß dem Korrektionsfaktor <math>p_{Cr}</math> eine Standardmessunsicherheit von 0,00142 und dem Korrektionsfaktor <math>p_{Cc}</math> eine Standardmessunsicherheit von 0,000142 beigeordnet wird.</p> <p><b>p<sub>Cc</sub>:</b> Typ B Normalverteilung Wert: 1.0 Erweiterte Messunsicherheit: 0.000142 Erweiterungsfaktor: 1.0</p>		
Datum: 11.08.2007	Datei: S06_ge.smu	Seite 2 von 3

**p:** Typ A  
Methode der Beobachtung: Direkt  
Anzahl der Beobachtungen: 3

Nr.	Beobachtung
1	0.9772
2	0.9671
3	0.9836

Arithmetischer Mittelwert: 0.975967  
Standardabweichung der Einzelbeobachtung:  $8.3 \cdot 10^{-3}$   
Standardabweichung des Mittelwerts:  $4.803 \cdot 10^{-3}$   
Freiheitsgrad: 2

**BEOBACHTUNGEN:** Es werden drei getrennte Ablesungen vorgenommen. Dafür werden sowohl der Bezugsmesskopf als auch der zu kalibrierende Messkopf an das TransfERNormal angeschlossen und wieder von ihm getrennt, um so die Reproduzierbarkeit der Leitungsverbindung einzuschließen. Die beobachteten Leistungsverhältnisse p werden vorher mit einem Leistungsmesser bestimmt (siehe DKD-3-E1 S6.10).

#### Messunsicherheits-Budgets:

**K<sub>X</sub>:** unbekannter Kalibrierungsfaktor

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit	Verteilung	Sensitivitätskoeffizient	Unsicherheitsbeitrag	Index
K <sub>S</sub>	0.957000	$5.500 \cdot 10^{-3}$	Normal	0.98	$5.4 \cdot 10^{-3}$	11.0 %
δK <sub>D</sub>	$-1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.155 \cdot 10^{-3}$	Rechteck	0.98	$1.1 \cdot 10^{-3}$	0.5 %
M <sub>Sr</sub>	1.0000000	$565.7 \cdot 10^{-6}$	U-verteilt	0.93	$530 \cdot 10^{-6}$	0.1 %
M <sub>Xc</sub>	1.00000	0.01188	U-verteilt	0.93	0.011	46.9 %
M <sub>Sc</sub>	1.000000	$9.899 \cdot 10^{-3}$	U-verteilt	-0.93	$-9.2 \cdot 10^{-3}$	32.6 %
M <sub>Xr</sub>	1.0000000	$565.7 \cdot 10^{-6}$	U-verteilt	-0.93	$-530 \cdot 10^{-6}$	0.1 %
p <sub>Cr</sub>	1.000000	$1.420 \cdot 10^{-3}$	Normal	0.93	$1.3 \cdot 10^{-3}$	0.7 %
p <sub>Cc</sub>	1.0000000	$142.0 \cdot 10^{-6}$	Normal	0.93	$130 \cdot 10^{-6}$	0.0 %
p	0.975967	$4.803 \cdot 10^{-3}$	Normal	0.96	$4.6 \cdot 10^{-3}$	8.1 %
K <sub>X</sub>	0.93302	0.01618				

#### Ergebnisse:

Größe	Wert	Erw.-Mess-unsicherheit	Erweiterungsfaktor	Überdeckungswahrscheinlichkeit
K <sub>X</sub>	0.933	0.032	2.00	95% (t-Tabelle 95.45%)