

### XIII.3 HF-Reflexionsfaktor

XIII.3 HF-Reflexionsfaktor.....	1
XIII.3.1 Rückführung und verwendete Messmittel .....	1
XIII.3.2 Messverfahren an Messbrücken.....	1
XIII.3.3 Messverfahren am komplexen Netzwerkanalysator.....	2
XIII.3.3a Messunsicherheitsbudget - Brückenmessung.....	2
XIII.3.3b Messunsicherheitsbudget - Netzwerkanalysator .....	2
XIII.3.4 Messunsicherheit Phasenwinkel.....	3
XIII.3.5 Rechenbeispiel $ \Gamma_x =0,1$ ; 0,3 MHz bis 3 GHz; HP 8753C / 85032F .....	3
XIII.3.6 Reflexionsfaktormessung an 2-Tor Messobjekten .....	3
XIII.3.7 Verifikation und Herstellung der Rückführbarkeit .....	4
XIII.3.8 Zusammenfassung der Einflussgrößen.....	5
XIII.3.9 Ergebnisse .....	5
XIII.3.10 Musterkalibrierschein.....	6

Die Messung von Reflexionsfaktoren im Frequenzbereich von 300 kHz bis 18 GHz wird an den vektoriellen Netzwerk-Analysatoren Hewlett Packard 8753C und Agilent E8361A durchgeführt. Hierfür stehen Kalibriersätze für koaxiale 50 Ω-Steckersysteme N und 2,92mm (Anritsu Typ „K“) zur Verfügung. Nach vollständiger 1-Tor- (bzw. 2-Tor-) Kalibrierung ermöglichen die Geräte die Bestimmung des komplexen Reflexionsfaktors  $\Gamma$  eines Prüflings nach Betrag und Phase. Als Rückführungs- und Bezugsnormale stehen zwei Luftleitungen unterschiedlicher Länge, Abschlüsse und Fehlabschlüsse für den Steckertyp N zur Verfügung. Mit diesen werden die Systemgenauigkeit nach durchgeführter Kalibrierung überprüft, die zu erwartenden Restfehlergrößen und die Messunsicherheiten abgeschätzt.

#### XIII.3.1 Rückführung und verwendete Messmittel

Bezugsnormale, siehe auch Kapitel II, Pos. 25a, 25b und 25c bestehend aus Abschlüssen, Fehlabschlüssen, Dämpfungsgliedern und 2 Luftleitungen

Normal	Frequenzbereich	Steckersystem	Nennwert	
Anritsu SC 5270	DC bis 18 GHz	Typ-N(m)	20 dB Return Loss $ \Gamma  = 0,1$	
Rosenberger 05K150-060 Rosenberger 05S150-060		Typ-N(f)/ Typ-N(m)	VSWR 1,2 $ \Gamma  = 0,091$	
Anritsu SC 5237		Typ-N(m)	6 dB Return Loss $ \Gamma  = 0,5$	
Rosenberger 05K150-075		Typ-N(m)	VSWR 1,5 $ \Gamma  = 0,2$	
Rosenberger 05K150-100		Typ-N(f)	VSWR 2 $ \Gamma  = 0,333$	
Anritsu SM /STL Rosenberger 05K150-C10S3 Rosenberger 05S150-C10S3		Typ-N(m) Typ-N(f)/ Typ-N(m)	50 Ohm	
Maury 2553T30		250 MHz bis 18 GHz		Typ-N
Maury 2553T10		750 MHz bis 18 GHz		
<b>Dämpfungsnormale</b>				
Rosenberger DNF		DC bis 18 GHz	Typ-N(m)-(f)	20 dB
Rosenberger 05 AS 102 K40	40 dB			
<b>Kalibriersätze</b>				
Agilent 85054B	DC bis 18 GHz	Typ-N	SOLT <sup>1</sup> Kalibriersätze	
Agilent 85032F	DC bis 6 GHz			

Tabelle XIII.3.2.1

#### XIII.3.2 Messverfahren an Messbrücken

ersetzt

<sup>1</sup> SOLT = Short – Open – Load – Thru

**XIII.3.3 Messverfahren am komplexen Netzwerkanalysator**

Zur präzisen Messung des Reflexionsfaktors von 1- und 2-Toren stehen die vektoriellen Netzwerkanalysatoren (VNA) Agilent E8361A und Hewlett Packard 8753C zur Verfügung<sup>2</sup> (siehe auch Kapitel II, Gebrauchsnormale, Pos. 27a und 27b). Die Einkalibrierung erfolgt mit Kalibriersätzen des entsprechenden Steckersystems. Die Qualität der Systemkalibrierung wird anschließend mit den Bezugsnormalen überprüft.

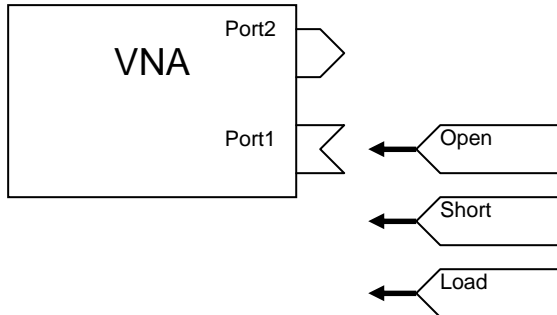


Bild XIII.3.1b.1 Kalibrierung mit Kalibriersatz

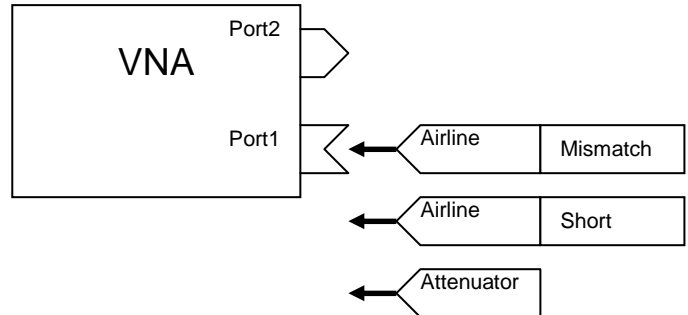


Bild XIII.3.1b.1 Bezugsnormale für die Ermittlung der Messunsicherheit

**XIII.3.3a Messunsicherheitsbudget - Brückenmessung**  
ersetzt

**XIII.3.3b Messunsicherheitsbudget - Netzwerkanalysator**

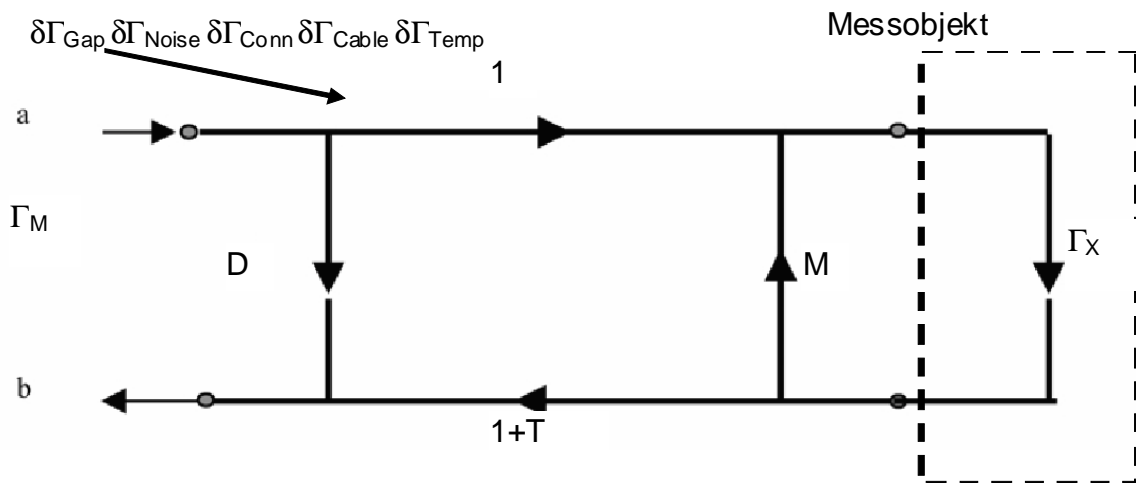


Bild XIII.3.3b.1 Schematisches Signalflussdiagramm aus [19]

Die Berechnung der Messunsicherheit nach einer Kalibrierung erfolgt gemäß der Publikation EA-10/12 anhand der effektiven Systemdaten. Die maßgebliche Modellgleichung für die Messung des Reflexionsfaktors  $\Gamma$  lässt sich formulieren als (komplexe Größen unbekannter Phase<sup>3</sup>):

$$\Gamma_X = \Gamma_M + D + T \cdot \Gamma_M + \Gamma_{AL} + \Gamma_M \cdot (\Gamma_M^{-L} - 1) + M \cdot \Gamma_M^2 + \delta\Gamma_{Gap} + \delta\Gamma_{Noise} + \delta\Gamma_{Conn} + \delta\Gamma_{Cable} + \delta\Gamma_{Temp}$$

<sup>2</sup> genauer Betrieb und Bedienung sind den jeweils gültigen Arbeitsanweisungen am Messplatz oder dem Betriebshandbuch entnehmbar

<sup>3</sup> ausgenommen  $\Gamma_M$

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 08.01.09	<b>geprüft/genehmigt</b> von: IM am: 08.01.09	<b>Kapitel</b> XIII.3 HF-Reflexionsfaktor	<b>Seite</b> 2 von 2
---------------------------	--	---	--	-------------------------

**Messunsicherheitsbudget:**

Für die dem Ergebnis beizuzurechnende Standardmessunsicherheit ergibt sich:

$$u^2(\Gamma_x) = u^2(D) + c_D^2 \cdot u^2(T) + u^2(\Gamma_{AL}) + c_L^2 \cdot u^2(L) + c_M^2 \cdot u^2(M) + u^2(\delta\Gamma_{Gap}) + u^2(\delta\Gamma_{Noise}) + u^2(\delta\Gamma_{Conn}) + u^2(\delta\Gamma_{Cable}) + u^2(\delta\Gamma_{Temp})$$

**XIII.3.4 Messunsicherheit Phasenwinkel**

Die Modellgleichung für die Ermittlung der Messunsicherheit des Phasenwinkels  $\varphi_x$  ergibt sich mit der Unsicherheit des Reflexionsfaktors zu

$$\varphi_x = \varphi_M + \delta\varphi_\Gamma + \delta\varphi_0 + \delta\varphi_{Cable}$$

Die vom Betrag des Reflexionsfaktors abhängige Abweichung  $\delta\varphi_\Gamma$  liegt dabei innerhalb der Grenzen (Halbbreite)

$$a_{\varphi_\Gamma} = \arcsin \frac{U(|\Gamma|)}{|\Gamma|} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

Die Phasenabweichung des Kalibriersatzes vom nominellen Modell wird den Herstellerangaben entnommen, die Anteile durch Kabelbiegung können entfallen, sofern direkt am Testportadapter ohne Kabel gemessen wird. Die Unsicherheit addiert sich demnach zu:

**XIII.3.5 Rechenbeispiel  $|\Gamma_x| \neq 0,1$ ; 0,3 MHz bis 3 GHz; HP 8753C / 85032F**

**XIII.3.6 Reflexionsfaktormessung an 2-Tor Messobjekten**

2-Tor Messobjekte können analog vermessen werden. Dazu wird das zweite Tor mit einer Breitbandlast oder i.d.R. nach vollständiger SOLT-Kalibrierung mit Port 2 des VNA abgeschlossen. Die Modellgleichung erweitert sich in diesem Fall mit

$$\Gamma_{X,2-Tor} = \Gamma_M + D + T \cdot \Gamma_M + \Gamma_{AL} + \Gamma_M \cdot (\Gamma_M^{-L} - 1) + M \cdot \Gamma_M^2 + S_{21}^2 \cdot \Gamma_L \left[ + 2 \cdot \Gamma_M \cdot M \cdot \Gamma_L \cdot S_{21}^2 \right] + \delta\Gamma_{Gap} + \delta\Gamma_{Noise} + \delta\Gamma_{Conn} + \delta\Gamma_{Cable} + \delta\Gamma_{Temp}$$

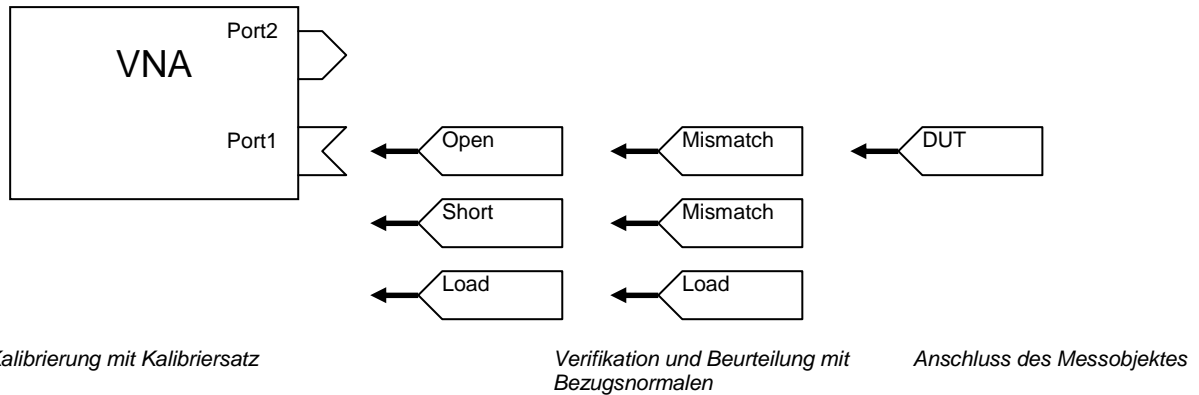
wobei der in eckige Klammern dargestellte Term [...] nur für die Messung an kleinen Dämpfungen relevant ist ( $S_{21} > 0,7$ ).

Das Unsicherheitsbudget erweitert sich in diesem Fall um  $u^2(\Gamma_{X,2-Tor}) = u^2(\Gamma_x) + c_{\Gamma L} u^2(\Gamma_L)$ :

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 08.01.09	von: IM am: 08.01.09	XIII.3 HF-Reflexionsfaktor	3 von 3

### XIII.3.7 Verifikation und Herstellung der Rückführbarkeit

Da nicht nach jeder Kalibrierung des VNA die Einflussgrößen der Messunsicherheitsberechnung erneut überprüft werden sollen stehen kalibrierte Abschlüsse und Fehlabschlüsse mit bekannten Eigenschaften zur Verfügung (Bezugsnormale Kapitel II, Pos. 25a).



Werden die Bezugsnormale am kalibrierten VNA gemessen so erhält man sofort Aufschluss über die Qualität der Systemkorrektion und die zu erwartende Messunsicherheit. Die Verifikation gilt als erfolgreich sofern:

$$\left| |\Gamma_M| - |\Gamma_{BN}| \right| \leq \sqrt{U_{BN}^2 + U_\Gamma^2}$$

$$\left| \varphi_M - \varphi_{BN} \right| \leq \sqrt{U_{\varphi, BN}^2 + U_\varphi^2}$$

mit

$\Gamma_M$	gemessener Reflexionsfaktor am Netzwerkanalysators
$\Gamma_{BN}$	Reflexionsfaktor des Normals aus dem Kalibrierschein
$U_{BN}$	Unsicherheit des Reflexionsfaktor des Normals aus dem Kalibrierschein
$U_\Gamma$	akkreditierte (berechnete) Unsicherheit der Reflexionsfaktormessung am VNA
$\varphi_M$	Gemessener Phasenwinkel am VNA
$\varphi_{BN}$	Phasenwinkel des Bezugsnormals aus dem Kalibrierschein
$U_{\varphi, BN}$	Unsicherheit des im Kalibrierschein angegebenen Phasenwinkels des Bezugsnormals
$U_\varphi$	akkreditierte (berechnete) Unsicherheit der Phasenwinkelmessung am VNA

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 08.01.09	<b>geprüft/ genehmigt</b> von: IM am: 08.01.09	<b>Kapitel</b> XIII.3 HF-Reflexionsfaktor	<b>Seite</b> 4 von 4
---------------------------	--	--	--	-------------------------

**XIII.3.8 Zusammenfassung der Einflussgrößen**

**XIII.3.9 Ergebnisse**

Steckersystem „N“ – andere Konnektoren erhöhen die Unsicherheit

Reflexionsfaktor Betrag $ \Gamma $	Bedingung	berechnete Messunsicherheit		interpolierte / akkreditierte Messunsicherheit <sup>4</sup>
		8753C+ 85032F	E8361A+ 85054B	
0,100 0,500 0,700 0,800 1,000	300 kHz bis <45 MHz	0,005 0,005 0,006 0,008 0,010	-	$0,0045 \cdot  \Gamma ^2 + 0,005$
0,100 0,500 0,700 0,800 1,000	45 MHz bis 3 GHz	0,005 0,005 0,006 0,008 0,010	0,003 0,004 0,005 0,005 0,007	$0,004 \cdot  \Gamma ^2 + 0,005$
0,100 0,500 0,700 0,800 1,000	>3 GHz bis 6 GHz	0,011 0,011 0,013 0,015 0,020	0,005 0,005 0,006 0,006 0,008	
0,100 0,500 0,700 0,800 1,000	>6 GHz bis 10 GHz	-	0,008 0,009 0,009 0,010 0,011	
0,100 0,500 0,700 0,800 1,000	>10 GHz bis 18 GHz	-	0,012 0,013 0,014 0,015 0,018	$0,007 \cdot  \Gamma ^2 + 0,012$

Die Unsicherheit für den Phasenwinkel des Reflexionsfaktors berechnet sich nach XIII.3.4 zu:

Reflexionsfaktor Phase $\varphi$	Bedingung	Messunsicherheit	Bemerkung
-180 ° bis +180 °	300 kHz bis 6 GHz	$U(\varphi) = \arcsin \frac{U( \Gamma )}{ \Gamma } \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$	jedoch nicht kleiner als 1,3 °
	>6 GHz bis 18 GHz		jedoch nicht kleiner als 2 °

<sup>4</sup> gerundete / kleinste angebbare Messunsicherheit des besten Messverfahrens

**XIII.3.10 Musterkalibrierschein**

siehe auch Anhang A.21

<h2 style="margin: 0;">DEUTSCHER KALIBRIERDIENST <b>DKD</b></h2> <p style="margin: 0; font-size: small;">Kalibrierlaboratorium für elektrische Messgrößen, Hochfrequenz, Länge und Temperatur <i>Calibration laboratory for electrical measurands, radio frequency, length and temperature</i></p> <p style="margin: 0; font-size: small;">Akkreditiert durch die / accredited by the Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes</p>																		
	<p style="margin: 0;"><b>esz Elektronik-Service GmbH</b> Servicezentrale · Messlabor · Kalibrierdienst</p>	 Deutscher Akkreditierungs Rat <b>DKD-K-18201</b>																
<p><b>Kalibrierschein</b> <i>Calibration certificate</i></p>		<p>Kalibrierzeichen <i>Calibration mark</i></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="padding: 2px;">08041831</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;"><b>DKD-K-18201</b></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">2008-04</td></tr> </table>	08041831	<b>DKD-K-18201</b>	2008-04													
08041831																		
<b>DKD-K-18201</b>																		
2008-04																		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>Gegenstand</b> <i>Object</i></td> <td>Mismatch</td> </tr> <tr> <td><b>Hersteller</b> <i>Manufacturer</i></td> <td>Muster Inc.</td> </tr> <tr> <td><b>Typ</b> <i>Type</i></td> <td>VSWR 1,2</td> </tr> <tr> <td><b>Fabrikat/Serien-Nr.</b> <i>Serial number</i></td> <td>12345</td> </tr> <tr> <td><b>Auftraggeber</b> <i>Customer</i></td> <td>Muster AG Industriestr. 12 D-12345 Musterstadt</td> </tr> <tr> <td><b>Auftragsnummer</b> <i>Order No.</i></td> <td>Muster</td> </tr> <tr> <td><b>Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines</b> <i>Number of pages of the certificate</i></td> <td style="text-align: right;">3</td> </tr> <tr> <td><b>Datum der Kalibrierung</b> <i>Date of calibration</i></td> <td style="text-align: right;">25.04.2008</td> </tr> </table>	<b>Gegenstand</b> <i>Object</i>	Mismatch	<b>Hersteller</b> <i>Manufacturer</i>	Muster Inc.	<b>Typ</b> <i>Type</i>	VSWR 1,2	<b>Fabrikat/Serien-Nr.</b> <i>Serial number</i>	12345	<b>Auftraggeber</b> <i>Customer</i>	Muster AG Industriestr. 12 D-12345 Musterstadt	<b>Auftragsnummer</b> <i>Order No.</i>	Muster	<b>Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines</b> <i>Number of pages of the certificate</i>	3	<b>Datum der Kalibrierung</b> <i>Date of calibration</i>	25.04.2008	<p style="font-size: x-small;">Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).</p> <p style="font-size: x-small;">Der DKD ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.</p> <p style="font-size: x-small;">Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.</p> <p style="font-size: x-small;"><i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p style="font-size: x-small;"><i>The DKD is signatory to the multilateral agreement of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.</i></p> <p style="font-size: x-small;"><i>The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals</i></p>	
<b>Gegenstand</b> <i>Object</i>	Mismatch																	
<b>Hersteller</b> <i>Manufacturer</i>	Muster Inc.																	
<b>Typ</b> <i>Type</i>	VSWR 1,2																	
<b>Fabrikat/Serien-Nr.</b> <i>Serial number</i>	12345																	
<b>Auftraggeber</b> <i>Customer</i>	Muster AG Industriestr. 12 D-12345 Musterstadt																	
<b>Auftragsnummer</b> <i>Order No.</i>	Muster																	
<b>Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines</b> <i>Number of pages of the certificate</i>	3																	
<b>Datum der Kalibrierung</b> <i>Date of calibration</i>	25.04.2008																	
<p style="font-size: x-small;">Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.</p> <p style="font-size: x-small;"><i>This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Accreditation Body of the DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.</i></p>																		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>Stempel</b> <i>Seal</i></td> <td style="width: 20%;"><b>Datum</b> <i>Date</i></td> <td style="width: 30%;"><b>Leiter des Kalibrierlaboratoriums</b> <i>Head of the calibration laboratory</i></td> <td style="width: 20%;"><b>Bearbeiter</b> <i>Person in charge</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">25.04.2008</td> <td style="text-align: center;">P. Fleischmann</td> <td style="text-align: center;">S. Inam</td> </tr> </table>	<b>Stempel</b> <i>Seal</i>	<b>Datum</b> <i>Date</i>	<b>Leiter des Kalibrierlaboratoriums</b> <i>Head of the calibration laboratory</i>	<b>Bearbeiter</b> <i>Person in charge</i>		25.04.2008	P. Fleischmann	S. Inam	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>esz Elektronik-Service GmbH</b> Servicezentrale · Messlabor · Kalibrierdienst</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Max-Planck-Str.16 D-82223 Eichenau</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Tel.: +49-8141-88887- 0 Fax: +49-8141-88887-77</td> </tr> </table>		<b>esz Elektronik-Service GmbH</b> Servicezentrale · Messlabor · Kalibrierdienst	Max-Planck-Str.16 D-82223 Eichenau	Tel.: +49-8141-88887- 0 Fax: +49-8141-88887-77					
<b>Stempel</b> <i>Seal</i>	<b>Datum</b> <i>Date</i>	<b>Leiter des Kalibrierlaboratoriums</b> <i>Head of the calibration laboratory</i>	<b>Bearbeiter</b> <i>Person in charge</i>															
	25.04.2008	P. Fleischmann	S. Inam															
<b>esz Elektronik-Service GmbH</b> Servicezentrale · Messlabor · Kalibrierdienst	Max-Planck-Str.16 D-82223 Eichenau	Tel.: +49-8141-88887- 0 Fax: +49-8141-88887-77																

Seite 2  
Page

08041831
DKD-K-18201
2008-04

1. Kalibriergegenstand

Der Kalibriergegenstand ist ein HF-Fehlabschluss.

Nennwert: VSWR 1,2  
Konnektor: Typ-N(m), 50 Ohm

2. Kalibrierverfahren

Die Kalibrierung des Reflexionsfaktors erfolgte an einem vektoriellen Netzwerkanalysator, der vor der Messung an Reflexionsnormalen auf Einhaltung der Messunsicherheiten überprüft wurde.

Verwendete Kalibriereinrichtungen:

PM-Nummer	Hersteller	Modell	Gegenstand	Prüfer	Kal.-Nr.	nächst. Kal.
DL22004	Ball Efratom	MFS/MVLF	Atom-Frequenznormal	PTB	DCF77	10/2010
KL20064	Agilent	E8361A	Network Analyzer	DKD-K-18201	07120609	12/2008
KL18423	Agilent	84054B	Calibration Kit	Agilent	39200243	01/2011
KL18288	Rosenberger	Typ-N	Verification Kit	DKD-K-19401	89105	06/2008

3. Messergebnisse

ab Seite 3  
Die Kalibrierung umfasst die Messgröße HF-Reflexionsfaktor (Betrag und Phase). Die Ergebnisse stellen den Mittelwert aus mindestens drei um 120° axial rotierten Positionen des Kalibriergegenstandes dar.

4. Messunsicherheit

Die angegebenen Messunsicherheiten setzen sich zusammen aus den Unsicherheiten des Kalibrierverfahrens und denen des Kalibriergegenstandes während der Kalibrierung. Ein Anteil für Langzeit-Instabilität des Kalibriergegenstandes ist nicht enthalten. Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k=2$  ergibt. Sie wurde gemäß DKD-3 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95% im zugeordneten Werteintervall.

5. Umgebungsbedingungen

Temperatur (23 ± 1) °C  
Relative Luftfeuchte (40 ± 20) %

6. Messbedingungen

Vor der Kalibrierung war der Kalibriergegenstand zum Temperatenausgleich mehr als 24 Stunden im Kalibrierlabor gelagert.

**esz Elektronik-Service GmbH**  
Servicezentrale · Messlabor · Kalibrierdienst

Max-Planck-Str.16  
D-82223 Eichenau

Tel.: +49-8141-88887- 0  
Fax: +49-8141-88887-77

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 08.01.09	von: IM am: 08.01.09	XIII.3 HF-Reflexionsfaktor	7 von 7

Seite 3  
Page

08041831
DKD-K-18201
2008-04

Bedingung      Messwert      Messunsicherheit  
=====

Reflexionsfaktor

	Betrag $ r $	Phase $\Phi$	$U( r )$	$U(\Phi)$
50 MHz	0,098	-3,6 °	0,005	3,2 °
500 MHz	0,098	-18,2 °	0,005	3,2 °
1,0 GHz	0,098	-36,7 °	0,005	3,2 °
1,5 GHz	0,097	-55,1 °	0,005	3,3 °
2,0 GHz	0,097	-74,9 °	0,005	3,3 °
2,5 GHz	0,095	-93,6 °	0,005	3,3 °
3,0 GHz	0,095	-112,7 °	0,005	3,3 °
3,5 GHz	0,095	-131,9 °	0,005	3,3 °
4,0 GHz	0,095	-151,5 °	0,005	3,3 °
4,5 GHz	0,093	-170,9 °	0,005	3,4 °
5,0 GHz	0,093	+170,5 °	0,005	3,4 °
5,5 GHz	0,093	+152,0 °	0,005	3,4 °
6,0 GHz	0,093	+133,5 °	0,005	3,4 °
6,5 GHz	0,092	+114,6 °	0,008	5,5 °
7,0 GHz	0,092	+96,1 °	0,008	5,5 °
7,5 GHz	0,088	+76,8 °	0,008	5,7 °
8,0 GHz	0,088	+57,4 °	0,008	5,7 °
8,5 GHz	0,088	+37,8 °	0,008	5,7 °
9,0 GHz	0,088	+17,8 °	0,008	5,7 °
9,5 GHz	0,088	-2,4 °	0,008	5,7 °
10,0 GHz	0,088	-22,3 °	0,008	5,7 °
10,5 GHz	0,086	-41,4 °	0,012	8,3 °
11,0 GHz	0,086	-60,7 °	0,012	8,3 °
11,5 GHz	0,086	-80,6 °	0,012	8,3 °
12,0 GHz	0,086	-99,9 °	0,012	8,3 °
12,5 GHz	0,086	-119,6 °	0,012	8,3 °
13,0 GHz	0,083	-140,5 °	0,012	8,5 °
13,5 GHz	0,083	-163,1 °	0,012	8,5 °
14,0 GHz	0,083	+171,3 °	0,012	8,5 °
14,5 GHz	0,083	+141,9 °	0,012	8,5 °
15,0 GHz	0,080	+108,1 °	0,012	8,9 °
15,5 GHz	0,080	+69,8 °	0,012	8,9 °
16,0 GHz	0,080	+28,6 °	0,012	8,9 °
16,5 GHz	0,083	-14,9 °	0,012	8,5 °
17,0 GHz	0,086	-60,3 °	0,012	8,3 °
17,5 GHz	0,088	-106,4 °	0,012	8,1 °
18,0 GHz	0,092	-159,9 °	0,012	7,8 °

**esz Elektronik-Service GmbH**  
Servicezentrale · Messlabor · Kalibrierdienst

Max-Planck-Str.16  
D-82223 Eichenau

Tel.: +49-8141-88887-0  
Fax: +49-8141-88887-77

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 08.01.09	<b>geprüft/ genehmigt</b> von: IM am: 08.01.09	<b>Kapitel</b> XIII.3 HF-Reflexionsfaktor	<b>Seite</b> 8 von 8
---------------------------	--	--	--	-------------------------

<b>Ausgabe:</b>	<b>erstellt</b>	<b>geprüft/genehmigt</b>	<b>Kapitel</b>	<b>Seite</b>
5.5.11	von: PF am: 08.01.09	von: IM am: 08.01.09	XIII.3 HF-Reflexionsfaktor	9 von 9