

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Ein Vorwort</b> .....	7
	<b>Zu diesem Buch, Konventionen</b> .....	8
1	<b>Streuparameter (S-Parameter)</b> .....	9
	S-Parameter für 1-Tor-Messungen .....	10
	S-Parameter für 2-Tor-Messungen .....	10
	S-Parameter für 3-Tor-Messungen .....	10
	Gebräuchliche S-Parameter .....	11
2	<b>Grundeinstellungen</b> .....	12
	Start-/Stopffrequenz .....	12
	<i>Center</i> .....	12
	<i>Span</i> .....	12
	<i>Mouse Wheel Increments</i> .....	12
	Lineare und logarithmische Teilung der Frequenzachse .....	12
	<i>Sweep</i> .....	13
3	<b>Kalibrieren, Kalibriervorgang, <i>Master Calibration</i></b> .....	14
	Kalibrieren .....	14
	Der Kalibriervorgang .....	14
	<i>Master Calibration</i> .....	17
	<i>Correction Schemes</i> .....	17
4	<b>Bezugsebene, Phase</b> .....	18
	Bezugsebenen .....	18
	Messbezugsebene .....	18
	Physikalische Bezugsebene .....	18
	Genormte Bezugsebene .....	18
	Kalibrierbezugsebene .....	19
	Phase .....	19
5	<b>Zusammenhänge und Begriffe <i>TX Out, RX In, Port 1, Port 2; S-Parameter Test Set</i></b> .....	22
	Zusammenhänge und Begriffe <i>TX Out, RX In, Port 1, Port 2</i> .....	22
	<i>S-Parameter Test Set</i> .....	23
	Realisierung eines <i>S-Parameter Test Sets</i> .....	24
6	<b><i>Calibration Settings</i></b> .....	27
	Das Eingabefeld <i>LOAD</i> .....	27
	Die Eingabefelder <i>SHORT</i> und <i>OPEN</i> .....	27
	Mögliche Kalibrierungen .....	27
	Kalibrieren für ausschließliche Reflexionsmessungen ( $S_{11}$ , $S_{22}$ ) .....	27
	Beispiel 1: $S_{11}$ -Kalibrieren auf <i>Male Reference Plane</i> im SMA-Stecker am Ende der <i>Port-1</i> - Messleitung ( <i>TX-Out</i> -Messleitung) mit Kalibrierelementen der Firma Rosenberger .....	29

Beispiel 2: $S_{11}$ -Kalibrieren auf <i>Male Reference Plane</i> im SMA-Stecker am Ende der <i>Port-1</i> - Messleitung ( <i>TX-Out</i> -Messleitung) mit Kalibrierelementen der Firma Amphenol Connex ..	30
Beispiel 3: $S_{11}$ -Kalibrieren auf <i>Female Reference Plane</i> in der SMA-Kupplung am Ende der <i>Port-1</i> - Messleitung ( <i>TX-Out</i> -Messleitung) mit Kalibrierelementen der Firma Amphenol Connex ..	31
 Kalibrieren für ausschließliche Durchgangs- (Transmissions-) Messungen ( $S_{21}$ , $S_{12}$ ) .....	32
 Kalibrieren für gemeinsame Reflexions- und Durchgangsmessungen ( $S_{11}$ , $S_{22}$ , $S_{21}$ , $S_{12}$ ) .....	33
Kalibriervariante 1: Kalibrieren für gemeinsame Messungen der S-Parameter $S_{11}$ , $S_{22}$ , $S_{21}$ , $S_{12}$ mit weiblichen ( <i>female</i> ) SMA-Kalibrierelementen der Firma Rosenberger .....	34
Kalibriervariante 2: Kalibrieren für gemeinsame Messungen der S-Parameter $S_{11}$ , $S_{22}$ , $S_{21}$ , $S_{12}$ mit weiblichen ( <i>female</i> ) SMA-Kalibrierelementen der Firma Rosenberger .....	34
 Vorteile und Nachteile der Kalibriervarianten 1 und 2 .....	37
 <b>7 Kalibrierstandards</b> .....	38
 Kalibrierelemente „Kurzschluss“ ( <i>Short</i> ), „Leerlauf“ ( <i>Open</i> ), „50 Ohm-Abschluss“ ( <i>Load</i> ), „Durchverbinder“ ( <i>Thru</i> ) .....	38
 SMA-Kalibrierstandards .....	38
 N-Eigenbau-Kalibrierstandard „Kurzschluss“ ( <i>Short</i> ) und „Leerlauf“ ( <i>Open</i> ) mit weiblichem Anschluss ( <i>female</i> ) .....	38
 N-Eigenbau-Kalibrierstandard „Kurzschluss“ ( <i>Short</i> ) und „Leerlauf“ ( <i>Open</i> ) mit männlichem Anschluss ( <i>male</i> ) .....	40
 N-Kalibrierstandards „Durchverbinder“ ( <i>Thru</i> ) mit männlichen ( <i>male</i> ) / mit weiblichen ( <i>female</i> ) Anschlüssen .....	40
 Offset-Werte für Eigenbau-Kalibrierstandards der Serie N .....	42
 <b>8 Smith-Diagramm</b> .....	43
 Impedanz .....	43
Smith-Diagramm .....	43
Skalierung .....	44
VSWR-Kreis ( <i>VSWR Circuit</i> ) .....	44
<i>Cursor</i> .....	45
<i>Marker</i> .....	46
Einige weitere Einstellungen .....	46
 <b>9 Schritte zur ersten Messung</b> .....	47
 Planung einer Messung .....	47
Kalibrierbezugsebene und Messbezugsebene liegen auf derselben Position .....	47
Kalibrierbezugsebene und Messbezugsebene liegen nicht auf derselben Position .....	47
Checkliste .....	49
 <b>10 Übersprechdämpfung (Isolation) eines Koaxialrelais, Einfügeverluste eines koaxialen Umschaltrelais</b> .....	51
 10.1 Übersprechdämpfung (Isolation) eines Koaxialrelais .....	51
10.2 Einfügeverluste eines koaxialen Umschaltrelais .....	55
 <b>11 Verstärkermessung (<math>S_{21}</math>, <math>S_{11}</math>)</b> .....	60

12	<b>Längen- und Stoßstellenmessung an Leitungen</b> .....	65
12.1	Längenmessung .....	65
	<i>Time Marker</i> .....	69
	<i>Maximum Time Marker</i> .....	70
12.2	Stoßstellenmessungen .....	71
	<i>Zoom</i> .....	73
12.3	Ermitteln der Leitungslänge bei verschiedenen Verkürzungsfaktoren .....	74
12.4	Antennenleitung-Längenmessung bei angeschlossener Antenne .....	75
12.5	Antennenleitung-Längenmessung bei angeschlossener Antenne und eingefügtem Vorverstärker .....	77
13	<b>Ermitteln des Verkürzungsfaktors von Kabeln</b> .....	80
13.1	Ermitteln des Verkürzungsfaktors eines Koaxialkabels .....	80
13.2	Ermitteln des Verkürzungsfaktors einer symmetrischen Zweidrahtleitung (240 Ohm Flachbandkabel) .....	85
14	<b>Phasenwinkelmessung</b> .....	89
14.1	Phasenwinkelmessungen an 3,6 Meter Ecoflex 10 .....	89
	Die Messfunktion <i>Phase</i> .....	93
14.2	Phasenwinkelmessung einer $\lambda/2$ -Umwegleitung für 435 MHz .....	94
15	<b>Messen des Wellenwiderstandes (<math>S_{11}</math>)</b> .....	96
15.1	Messen des Wellenwiderstandes eines Koaxialkabels .....	96
15.2	Messen des Wellenwiderstandes von HF-Verbindern .....	101
16	<b>Antennenanpassung (<math>S_{11}</math>)</b> .....	104
16.1	Anpassungsmessung direkt an der Anschlussbuchse eines 10-m-Dipols .....	104
16.2	Anpassungsmessung eines 10-m-Dipols am Beginn der Antennenleitung .....	107
	<i>Custom Trace</i> .....	109
17	<b>Aufnahme von Antennenrichtdiagrammen</b> .....	110
	<i>Radar Marker</i> .....	113
18	<b>Spektrumanalyser</b> .....	114
	Alternative 1: <i>Thru Cal und Crosstalk Cal</i> .....	117
	Alternative 2: <i>Crosstalk Cal</i> .....	118
19	<b>Messen von <math>S_{21}</math>, <math>S_{11}</math>, <math>S_{12}</math>, <math>S_{22}</math> mit dem S-Parameter Test Set</b> .....	120
	<i>Ultrafast Sweeping</i> .....	124
20	<b>Ermitteln der Laufzeiten in Eigenbau-Kalibrierstandards</b> .....	125
20.1	Laufzeit in Eigenbau N-Kalibrierstandards „Leerlauf“ ( <i>Open</i> ) und „Kurzschluss“ ( <i>Short</i> ) mit männlichem ( <i>male</i> ) Anschluss .....	125
20.2	Laufzeit im N-Kalibrierstandard „Durchverbinder“ ( <i>Thru</i> ) mit männlichen ( <i>male</i> ) Anschlüssen .....	129
20.3	Laufzeit in Eigenbau SMA-Kalibrierstandards „Kurzschluss“ ( <i>Short</i> ) und „Leerlauf“ ( <i>Open</i> ) mit weiblichem ( <i>female</i> ) Anschluss .....	130
20.4	Laufzeitmessung mit der Funktion „Gruppenlaufzeit“ ( <i>group delay time</i> ) .....	132

21	<b>S<sub>11</sub>-Messungen im 13-Zentimeter-Band: Anpassungsmessungen an einer Discone-Breitbandantenne</b> .....	133
	Anpassungsmessungen an einer Discone-Breitbandantenne .....	133
	Messauswertung mit Glättung ( <i>Smoothing</i> ) und Mittelwertbildung ( <i>Averaging</i> ) .....	137
	Glättung ( <i>Smoothing</i> ) .....	137
	Mittelwertbildung ( <i>Averaging</i> ) .....	138
22	<b>S<sub>21</sub>-Messungen im 13-Zentimeter-Band: Resonanzfrequenz eines Stubs</b> .....	140
22.1	Resonanzfrequenz eines Stubs (Saugkreis) .....	140
	Messauswertung mit Mittelwertbildung ( <i>Averaging</i> ) und Glättung ( <i>Smoothing</i> ) .....	143
	Mittelwertbildung ( <i>Averaging</i> ) .....	144
	Glättung ( <i>Smoothing</i> ) .....	145
22.2	Durchlasskurve eines 13-cm-Bandpassfilters .....	145
23	<b>Auffinden des Durchlassbereichs eines 13-cm-Bandpassfilters für die Messungen in Kapitel 21 und Kapitel 22</b> .....	150
24	<b>Messungen mit dem LCR Meter an einem Testboard</b> .....	153
	Nachkommastellen ( <i>fractional digit</i> ) .....	155
A	<b>Anhang</b> .....	156
A1	<b>Literatur- und Bezugsquellen</b> .....	156
A2	<b>Zusammenstellung von Kalibrierdaten für das gemeinsame Messen der S-Parameter S<sub>11</sub>, S<sub>22</sub>, S<sub>21</sub>, S<sub>12</sub> gemäß Kalibriervariante 1</b> .....	157
A2.1	SMA-Kalibrierelemente ( <i>female</i> ) der Firma Rosenberger. Die Messbezugsebenen liegen in den SMA-Steckern am Ende der <i>Port-1-/Port-2</i> -Messleitung ( <i>TX-Out</i> -Messleitung) auf <i>Male Reference Plane</i> .....	157
A2.2	SMA-Kalibrierelemente ( <i>female</i> ) der Firma Amphenol Connex. Die Messbezugsebenen liegen in den SMA-Steckern am Ende der <i>Port-1-/Port-2</i> -Messleitung ( <i>TX-Out</i> -Messleitung) auf <i>Male Reference Plane</i> .....	158
A2.3	SMA-Kalibrierelemente ( <i>male</i> ) der Firma Amphenol Connex. Die Messbezugsebenen liegen in den SMA-Kupplungen am Ende der <i>Port-1-/Port-2</i> -Messleitung ( <i>TX-Out</i> -Messleitung) auf <i>Female Reference Plane</i> .....	159
A2.4	N-Kalibrierelemente ( <i>female</i> ) – Eigenbau. Die Messbezugsebenen liegen in den N-Steckern am Ende der <i>Port-1-/Port-2</i> -Messleitung ( <i>TX-Out</i> -Messleitung) auf <i>Male Reference Plane</i> .....	160
A2.5	N-Kalibrierelemente ( <i>male</i> ) – Eigenbau. Die Messbezugsebenen liegen in den N-Kupplungen am Ende der <i>Port-1-/Port-2</i> -Messleitung ( <i>TX-Out</i> -Messleitung) auf <i>Female Reference Plane</i> .....	161
A3	<b>Index</b> .....	162