



**ROHDE & SCHWARZ**

Geschäftsbereich

Meßtechnik

## Beschreibung

### Oberwellenmischer zum FSEM, FSEK, ESIB26, ESIB40, FSIQ26

**FS-Z60** (40 GHz ... 60 GHz)

1089.0799.02

**FS-Z75** (50 GHz ... 75 GHz)

1089.0847.02

**FS-Z90** (60 GHz ... 90 GHz)

1089.0899.02

**FS-Z110** (75 GHz...110 GHz)

1089.0947.02

*ENGLISH MANUAL FOLLOWS FIRST COLORED DIVIDER  
LA TRADUCTION FRANCAISE SUIV LE TEXTE ANGLAIS*

Printed in the Federal  
Republic of Germany







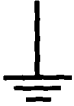



# Sicherheitshinweise

Dieses Gerät ist gemäß beiliegender EU-Konformitätsbescheinigung gebaut und geprüft und hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen.

Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muss der Anwender alle Hinweise, Warnhinweise und Warnvermerke beachten.

## Verwendete Symbole an R&S-Geräten und in Beschreibungen:

							
Bedienungsanleitung beachten	Angabe des Gerätegewichtes bei Geräten mit einer Masse > 18kg	Schutzleiteranschluss	Masseanschlusspunkte	Achtung! Berührungsfähige Spannung	Warnung vor heißer Oberfläche	Erde	Achtung! Elektrostatisch gefährdete Bauelemente erfordern eine besondere Behandlung

- Das Gerät darf nur in den vom Hersteller angegebenen Betriebszuständen und Betriebslagen ohne Behinderung der Belüftung betrieben werden. Wenn nichts anderes vereinbart ist, gilt für R&S - Produkte folgendes:  
IP-Schutzart 2X, Verschmutzungsgrad 2, Überspannungskategorie 2, nur in Innenräumen verwenden, Betrieb bis 2000 m ü. NN,  
Der Betrieb ist nur an Versorgungsnetzen gestattet, die mit höchstens 16 A abgesichert sind.  
Falls im Datenblatt nicht anders angegeben gilt für die Nennspannung eine Toleranz von  $\pm 10\%$ , für die Nennfrequenz eine Toleranz von  $\pm 5\%$
- Bei Messungen in Stromkreisen mit Spannungen  $U_{\text{eff}} > 30 \text{ V}$  ist mit geeigneten Maßnahmen Vorsorge zu treffen, dass jegliche Gefährdung ausgeschlossen wird.  
(z.B. geeignete Meßmittel, Absicherung, Strombegrenzung, Schutztrennung, Isolierung usw.).
- Wird ein Gerät ortsfest angeschlossen, ist die Verbindung zwischen dem Schutzleiteranschluss vor Ort und dem Geräteschutzleiter vor jeglicher anderer Verbindung herzustellen Aufstellung u. Anschluss darf nur durch eine Elektrofachkraft erfolgen.
- Bei ortsfesten Geräten ohne eingebaute Sicherung, Selbstschalter oder ähnliche Schutz Einrichtung muss der Versorgungskreis so abgesichert sein, dass Geräte und Benutzer ausreichend geschützt sind.
- Vor dem Einschalten des Gerätes ist sicherzustellen, dass die am Gerät eingestellte Nennspannung und die Netzennspannung des Versorgungsnetzes übereinstimmen.  
Ist es erforderlich, die Spannungseinstellung zu ändern, so muss ggf. auch die dazugehörige Netzsicherung des Gerätes geändert werden.
- Bei Geräten der Schutzklasse I mit beweglicher Netzzuleitung und Gerätesteckvorrichtung ist der Betrieb nur an Steckdosen mit Schutzkontakt und angeschlossenem Schutzleiter zulässig.
- Jegliche absichtliche Unterbrechung des Schutzleiters, sowohl in der Zuleitung als auch am Gerät selbst, ist unzulässig und kann dazu führen, dass von dem Gerät eine Gefahr ausgeht.  
Bei Verwendung von Verlängerungsleitungen oder Steckdosenleisten ist sicherzustellen, dass diese regelmäßig auf ihren sicherheitstechnischen Zustand überprüft werden.
- Ist das Gerät nicht mit einem Netzschalter zur Netztrennung ausgerüstet, so ist der Stecker des Anschlusskabels als Trennvorrichtung anzusehen. In diesen Fällen ist dafür zu sorgen, dass der Netzstecker jederzeit leicht erreichbar und gut zugänglich ist. (Länge des Anschlusskabels ca. 2 m). Funktionsschalter oder elektronische Schalter sind zur Netztrennung nicht geeignet.  
Werden Geräte ohne Netzschalter in Gestelle oder Anlagen integriert, so ist die Trennvorrichtung auf Anlagenebene zu verlagern.
- Bei allen Arbeiten sind die örtlichen bzw. länderspezifischen Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften zu beachten.  
Vor Arbeiten am Gerät oder Öffnen des Gerätes ist dieses vom Versorgungsnetz zu trennen.  
Abgleich, Auswechseln von Teilen, Wartung und Reparatur darf nur von R&S-autorisierten Elektrofachkräften ausgeführt werden.  
Werden sicherheitsrelevante Teile (z.B. Netzschalter, Netztrafos oder Sicherungen) ausgewechselt, so dürfen diese nur durch Originalteile ersetzt werden. Nach jedem Austausch von sicherheitsrelevanten Teilen ist eine Sicherheitsprüfung durchzuführen  
(Sichtprüfung, Schutzleitertest, Isolationswiderstand-, Ableitstrommessung, Funktionstest).  
**Fortsetzung siehe Rückseite**

## Sicherheitshinweise

10. Bei Verbindungen mit informationstechnischen Geräten ist darauf zu achten, dass diese der IEC950 / EN60950 entsprechen.
11. Lithium-Batterien dürfen keinen hohen Temperaturen oder Feuer ausgesetzt werden.  
Die Batterien von Kindern fernhalten.  
Wird die Batterie unsachgemäß ausgewechselt, besteht Explosionsgefahr. Ersetzen der Batterie nur durch R&S - Typ (siehe Ersatzteilliste).  
Lithium-Batterien sind Sondermüll. Entsorgung nur in dafür vorgesehene Behälter.  
Batterie nicht kurzschließen.
12. Geräte, die zurückgegeben oder zur Reparatur eingeschickt werden, müssen in der Originalverpackung oder in einer Verpackung, die vor elektrostatischer Auf- und Entladung sowie vor mechanischer Beschädigung schützt, verpackt werden.
13. Entladungen über Steckverbinder können zu einer Schädigung des Gerätes führen. Bei Handhabung und Betrieb ist das Gerät vor elektrostatischer Entladung zu schützen.
14. Die Außenreinigung des Gerätes mit einem weichen, nicht fasernden Staublappen vornehmen. Keinesfalls Lösungsmittel wie Nitroverdünnung, Azeton und ähnliches verwenden, da sonst die Frontplattenbeschriftung oder auch Kunststoffteile Schaden nehmen
15. Zusätzliche Sicherheitshinweise in diesem Handbuch sind ebenfalls zu beachten.

# Inhalt

## Index

<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
Allgemeine Hinweise .....	1
Anwendung .....	2
Aufbau und Arbeitsweise.....	2
Kalibrierdaten.....	4
<b>2 Betriebsvorbereitung .....</b>	<b>5</b>
<b>3 Bedienung.....</b>	<b>6</b>
Notwendige Schritte vor der ersten Benutzung .....	6
Notwendige Schritte nach Neu-Kalibrierung des Mischers .....	7
Bedienhinweise.....	9
Hinweise zur Pegelkorrektur.....	9
<b>Meßgenauigkeit.....</b>	<b>10</b>
Fehlerbeiträge des Spektrumanalysators.....	10
Fehlerbeiträge des Harmonischen-Mischers.....	10
Fehlerbeiträge aufgrund von Fehlanpassung.....	11
Gesamtmeßfehler.....	11
<b>4 Wartung und Fehlersuche .....</b>	<b>16</b>
Wartung .....	16
Fehlersuche.....	16
<b>5 Prüfung der Solleigenschaften .....</b>	<b>17</b>
Meßgeräte und Hilfsmittel.....	17
<b>Prüfablauf .....</b>	<b>18</b>
Prüfung der Umsetzdämpfung.....	19
Prüfung der Rauschanzeige .....	23
<b>Performance-Test-Protokoll .....</b>	<b>24</b>

## Anhang Application Note



# Index

## A

Abweichung  
LO-Pegel vom Idealwert ..... 10

## E

Einfügedämpfung ..... 9  
Einstellungen ..... 6, 18

## F

Fehlanpassung ..... 11  
Fehler  
absolut ..... 10  
Bandbreite ..... 10  
Bandbreitenumschaltung ..... 10  
Linearität ..... 10  
ZF-Verstärkungsfehler ..... 10  
Fehlersuche ..... 16

## H

Harmonischer-Mischer ..... 1

## K

Kabeldämpfung ..... 9  
Kalibrierdaten ..... 9  
Kalibrierung ..... 4  
neu ..... 6, 7  
total ..... 18  
Kalibrierunsicherheit ..... 10

## M

Meßunsicherheit ..... 10  
Mischer ..... 2

## P

Pegel  
Fehler ..... 20  
Genauigkeit ..... 2  
Pegelskorrektur ..... 4, 9  
Pegelmessung  
absolut ..... 11  
relativ ..... 12  
Prüfung  
Umsetzdämpfung ..... 19

## R

Rauschanzeige ..... 23

## S

Spektrumanalysatoren ..... 2

## U

Umsetzdämpfung ..... 9  
frequenzabhängig ..... 4





# 1 Einführung

## Allgemeine Hinweise

Bei den Harmonischen-Mischern der Serie FS-Zxx handelt es sich um hochempfindliches Meßzubehör. Trotz des robusten Designs sind daher bei der Handhabung die nachfolgend aufgeführten Punkte zu beachten.

Unsachgemäße Handhabung kann zur Beschädigung oder sogar zur Zerstörung des Mischers führen.

- Starke Erschütterungen können zur Zerstörung der Dioden im Mischer führen.  
Bei Aufbewahrung oder Versand ist der Mischer daher entsprechend stoßgeschützt zu verpacken.
- Die maximal zulässige Leistung am HF-Eingang sowie am LO-Eingang (siehe Datenblatt) darf nicht überschritten werden.
- Elektrostatische Entladungen in der Nähe der Anschlüsse sind zu vermeiden.
- Wird der Mischer nicht benutzt, so ist der Anschluß 'LO / IF' (SMA-Buchse) mit der mitgelieferten Kappe zu versehen.
- Die Funktion der Dioden im Mischer darf nicht mit Hilfe eines Ohmmeters überprüft werden.  
Die Dioden können dadurch zerstört werden!
- Die Schrauben am Mischer dürfen nicht gelockert werden.  
Eine Reparatur des Mischers ist nur durch den Service des Herstellers möglich.
- Verkratzen der Kontaktfläche des Hohlleiter-Flansches ist zu vermeiden.

Folgende Systemvoraussetzungen sind zum Betrieb der Mischer erforderlich:

- FSEM 21/31 bzw. FSEK 21/31 oder  
FSEM 20/30 bzw. FSEK 20/30 mit Option FSE-B21
- Firmware-Version 1.67 oder höher

## Anwendung

Die Harmonischen-Mischer FS-Z60, FS-Z75, FS-Z90 und FS-Z110 dienen zur Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren.

Sie ermöglichen Messungen in den Frequenzbereichen 40 GHz ... 60 GHz (FS-Z60), 50 GHz ... 75 GHz (FS-Z75) und 60 GHz ... 90 GHz (FS-Z90) bzw. 75 GHz ... 110 GHz (FS-Z110). Aufgrund des Zwei-Dioden-Designs benötigen diese Mischer zum Betrieb kein Biasing, wodurch Messungen mit höherer Pegelgenauigkeit und Reproduzierbarkeit ermöglicht werden.

Die Mischer der Reihe FS-Zxx wurden zum Betrieb an den Spektrumanalysatoren der FSE-Familie entwickelt. Die mitgelieferten Kalibrierdaten gelten daher nur für die am FSE gegebenen Randbedingungen (siehe Tabelle 1-1).

Tabelle 1-1: Parameter beim Betrieb der Hohlleitermischer der Reihe FS-Zxx am FSE

	FS-Z60	FS-Z75	FS-Z90	FS-Z110
LO-Frequenzbereich	10,19 GHz bis 15,19 GHz	8,46 GHz bis 12,62 GHz	10,12 GHz bis 15,12 GHz	9.47 to 13.84 GHz
LO-Pegel	15,5 dBm ± 3 dB	15,5 dBm ± 3 dB	15,5 dBm ± 3 dB	15.5 dBm ± 3 dB
Harmonische	4	6	6	8
Zwischenfrequenz	741,4 MHz	741,4 MHz	741,4 MHz	741.4 MHz

## Aufbau und Arbeitsweise

Bei den Mixern handelt es sich um 2-Tor-Mischer, d.h. für die Zuführung des LO-Signals und zum Abgriff des ZF-Signals wird nur ein Koaxialkabel benötigt. Die Trennung beider Signale erfolgt durch einen Diplexer im Spektrumanalysator. Aufgrund des Zwei-Dioden-Designs ist keine zusätzliche Bias-Versorgung notwendig. Darüber hinaus sind die Mischer dadurch unempfindlicher gegenüber elektrostatischen Entladungen. Der Aufbau der Mischer ist in Bild 1-1 dargestellt.

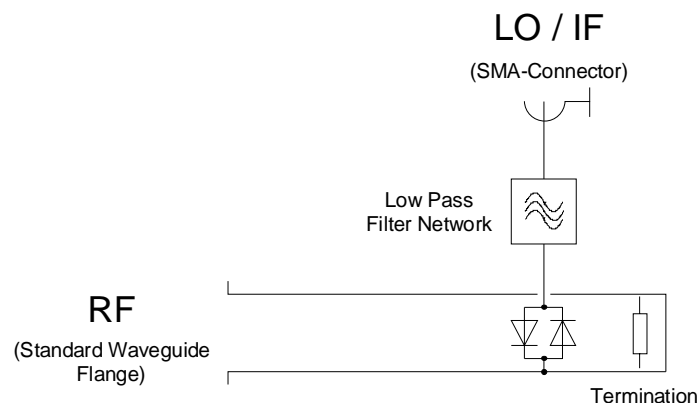


Bild 1-2: Aufbau der Harmonischen-Mischer der Reihe FS-Zxx

Das zu messende Signal wird am Eingang 'RF' des Mischers (Standard-Hohlleiter-Flansch) eingespeist. Über den Anschluß 'LO / IF' (SMA-Buchse) wird dem Mischer das Signal des ersten Lokaloszillators (LO) des Spektrumanalysators zugeführt (Frequenzbereich und Pegel des LO-Signals, siehe Tabelle 1-1).

Aufgrund von Nichtlinearitäten entstehen im Mischer Oberwellen dieses LO-Signals, die wiederum zur Umsetzung des Eingangssignals auf eine niedrige Zwischenfrequenz (ZF bzw. IF) dienen. Die Abhängigkeit zwischen LO-Frequenz und Frequenz des Eingangssignals ist in Bild 1-2 dargestellt.

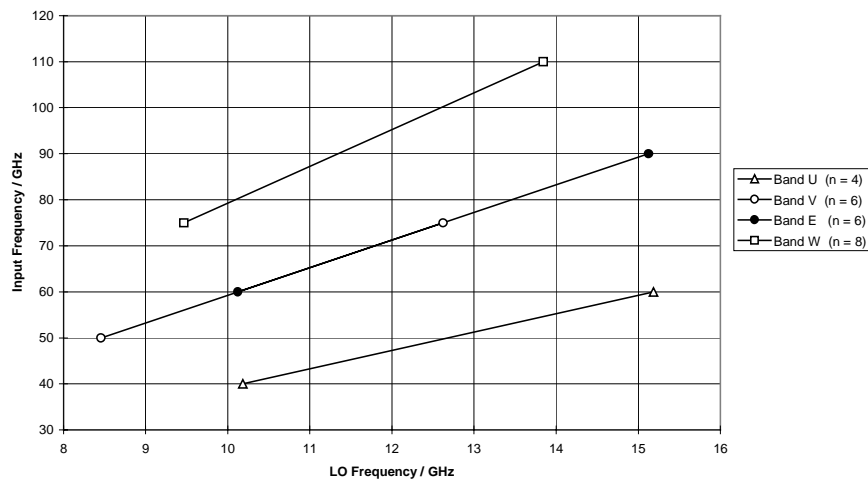


Bild 1-3: Abhängigkeit der LO-Frequenz von der Frequenz des umzusetzenden Eingangssignals ( $f_{ZF} = 741,4 \text{ MHz}$ )

Das auf die Zwischenfrequenz umgesetzte Signal wird über den Anschluß 'LO / IF' abgegriffen und dem Spektrumanalysator zugeführt. Da LO-Signal und ZF-Signal über das gleiche Koaxialkabel zugeführt bzw. abgegriffen werden, ist eine Trennung beider Signal mit Hilfe eines Diplexers erforderlich. Ein solcher Diplexer ist in den Spektrumanalysatoren der FSE-Familie bereits enthalten.

Der Mischer besitzt keine Vorselektion. Neben dem gewünschten Mischprodukt werden am Spektrumanalysator daher auch Spiegelprodukte sowie andere unerwünschte Mischprodukte dargestellt. Zur Identifizierung echter Eingangssignale sind im FSE entsprechende Funktionen eingebaut (siehe Bedienhandbuch zu FSE bzw. FSE-B21).

Zur pegelrichtigen Darstellung des zu messenden Eingangssignals am Spektrumanalysator muß die Umsetzdämpfung des Harmonischen-Mischers berücksichtigt werden. Diese Umsetzdämpfung ist frequenz- und exemplarabhängig. Zu jedem Mischer werden daher individuelle Korrekturdaten mitgeliefert (siehe Abschnitt "Kalibrierdaten").

## **Kalibrierdaten**

Die werksseitige Kalibrierung wird an 50 Frequenzpunkten durchgeführt. Die daraus resultierenden Daten werden in Form eines gesonderten Dokuments mitgeliefert. Darüber hinaus ist am Mischer eine Tabelle mit Korrekturdaten für eine reduzierte Anzahl von Frequenzpunkten angebracht.

Um eine einfache Pegelkorrektur am FSE zu ermöglichen, werden die Korrekturdaten zusätzlich in Form einer Datei auf einer 3,5"-Diskette mitgeliefert. Diese Datei umfaßt 50 Kalibrierwerte sowie alle weiteren Parameter, die zum Betrieb der Mischer erforderlich sind und automatisch am FSE eingestellt werden. Die zum Einlesen dieser Datei am FSE erforderlichen Bedienschritte sind in Abschnitt "Notwendige Schritte vor der ersten Benutzung" erläutert.

Die Kalibrierdaten berücksichtigen nur die frequenzabhängige Umsetzdämpfung des Mixers. Die Dämpfung des zum Abgriff der ZF verwendeten Kabels ist gesondert zu berücksichtigen (siehe Abschnitt "Bedienhinweise").

Um eine geringe Umsetzdämpfung des Mixers sicherzustellen, ist ein hochwertiges, dämpfungsarmes Koaxialkabel zur Zuführung des LO-Signals (Frequenzbereich 7,5 GHz...15,2 GHz) bzw. zum Abgriff des ZF-Signals zu verwenden. Es sollte hierfür stets das mit dem FSE bzw. mit der Option FSE-B21 mitgelieferte Koaxialkabel (beidseitig mit SMA-Steckern versehen) verwendet werden.

## 2 Betriebsvorbereitung

Um die mechanische Beanspruchung des zum Zuführen des LO-Signals verwendeten Koaxialkabels gering zu halten, ist der Harmonischen-Mischer zunächst an das Meßobjekt (DUT) anzuschließen (siehe Bild 2-1).

Der Anschluß 'LO / IF' (SMA-Buchse) des externen Mixers ist dann mit dem Ausgang 'LO OUT / IF IN' des FSE zu verbinden. Hierzu ist das mit dem FSEM/K 21/31 bzw. mit der Option FSE-B21 mitgelieferte Koaxialkabel (beidseitig mit SMA-Steckern versehen) zu verwenden.

**Hinweis:** Um die Dioden des Mixers vor eventueller elektrostatischer Ladung des Koaxialkabels zu schützen, ist das Kabel zuerst an den Spektrumanalysator anzuschließen.

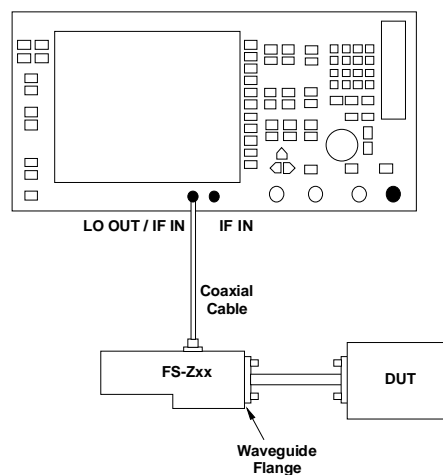


Bild 2-1: Anschluß des Harmonischen-Mischers an den FSE

### Betriebshinweise:

- Der Pegel des Eingangssignals am HF-Tor des Mixers darf den maximal zulässigen Wert (siehe Datenblatt) nicht überschreiten. Falls die Größenordnung des zu messenden Pegels unbekannt ist, sollte zunächst eine Überprüfung mit Hilfe eines Hohlleiter-Dämpfungsglieds und eines Leistungsmeßgeräts erfolgen. Nur wenn der maximal zulässige Eingangsspegel des Mixers nicht überschritten wird, darf der Mischer an das Meßobjekt angeschlossen werden.
- Der LO-Pegel darf den maximal zulässigen Wert (siehe Datenblatt) nicht überschreiten. Bei zu hohen LO-Pegeln kann der Mischer beschädigt werden!  
**(nicht relevant bei Betrieb am FSE)**
- Zur Zuführung des LO-Signals sollte stets das mit dem FSEM/K 21/31 bzw. mit der Option FSE-B21 mitgelieferte Kabel verwendet werden. Bei Verwendung eines anderen Kabels ist darauf zu achten, daß die Verbindung möglichst kurz und das Kabel möglichst dämpfungsarm ist. Mit zunehmender Einfügungsdämpfung sinkt der LO-Pegel am Mischer, wodurch dessen Umsetzdämpfung zunimmt.
- Mechanische Beanspruchung des zum Zuführen des LO-Signals verwendeten Kabels vermeiden.
- Beim Anschluß des Mixers an das Meßobjekt sind folgende Punkte zu beachten:
  - Versatz zwischen den Hohlleitern unbedingt vermeiden
  - Die Hohlleiter-Flansche dürfen weder verschmutzt noch verkratzt sein
  - zwischen beiden Hohlleiter-Flanschen darf kein Luftspalt (z.B. durch Verkanten) sein
- Messungen nur innerhalb des spezifizierten Temperaturbereichs (siehe Datenblatt) durchführen.

Wird der Mischer nicht benutzt, so ist der Anschluß 'LO / IF' (SMA-Buchse) mit der dafür vorgesehenen Kappe zu versehen.

### 3 Bedienung

Für Einstellungen am FSE bei der Messung gelten folgende Konventionen:

- [<TASTE>] Drücken einer Taste an der Frontplatte, z.B. [ **FREQUENCY SPAN** ]
- [<SOFTKEY>] Drücken eines Softkeys, z.B. [ **MARKER -> PEAK** ]
- [<nn Einheit>] Eingabe eines Wertes + Abschluß der Eingabe mit der Einheit, z.B. [ **12 kHz** ]
- {<nn>} Eingabe von Werten, die in einer folgenden Tabelle angegeben sind.

Aufeinanderfolgende Eingaben sind durch [:] getrennt, z.B. [ **FREQUENCY SPAN : 15 kHz** ]

### Notwendige Schritte vor der ersten Benutzung

**Hinweis:** Soll nach einer Re-Kalibrierung des Mischers die sich bereits auf der Festplatte des FSE befindliche Datei mit (alten) Kalibrierdaten durch die neue Datei ersetzt werden, so sind die Bedienschritte gemäß Abschnitt "Notwendige Schritte nach Neu-Kalibrierung des Mischers" auszuführen.

Vor der ersten Benutzung des Mischers ist zunächst die auf Diskette mitgelieferte Datei mit Kalibrierdaten auf die Festplatte des FSE zu kopieren.

Hierzu sind folgende Schritte notwendig:

- mitgelieferte Diskette in das Laufwerk des FSE einlegen
- [ **SYSTEM PRESET** ]
- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND** ]  
Auswahl des gewünschten Bandes, für das Korrekturdaten kopiert werden sollen (mit Cursor-Tasten/Drehrad und ENTER):

Mischer	Hohlleiter-Band
FS-Z60	U
FS-Z75	V
FS-Z90	E
FS-Z110	W

- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : LOAD TABLE: ENTER** ]  
Kopiervorgang mit ENTER starten

Um die auf die Festplatte kopierte Datei mit Kalibrierdaten zu aktivieren, muß diese im Menü *CONV LOSS TABLE* für das entsprechende Band selektiert werden.

- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE** ]  
Auswahl der gewünschten Datei mit Cursor-Tasten/Drehrad und ENTER

Die Datei ist dann in der Auswahlliste mit √ markiert. Nach Verlassen der Menüs *CONV LOSS TABLE* sowie *SELECT BAND* durch zweimaliges Betätigen der Taste [ ↑ ] (MENU UP) werden zur Pegelkorrektur nun die Korrekturdaten dieser Datei verwendet.

**Beispiel:**

Für den Mischer FS-Z75 soll die Datei mit Korrekturdaten auf die Festplatte des FSE kopiert werden. Folgende Schritte sind hierzu notwendig:

- mitgelieferte Diskette in das Laufwerk des FSE einlegen
- [ **SYSTEM PRESET** ]
- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND** ]  
Auswahl des V-Bands mit Cursor-Tasten/Drehrad und ENTER.
- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : LOAD TABLE: ENTER** ]  
Kopiervorgang mit ENTER starten
- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE** ]  
Auswahl von 'FS-Z75' mit Cursor-Tasten/Drehrad und ENTER
- Rückkehr in das Menü *EXTERNAL MIXER* durch zweimaliges Betätigen der Taste *MENU UP*  
[ ↑ ]  
[ ↑ ]

## Notwendige Schritte nach Neu-Kalibrierung des Mischers

Nach Neu-Kalibrierung des Mischers ist die auf Diskette mitgelieferte Datei mit Kalibrierdaten auf die Festplatte des FSE zu kopieren. Um sicherzustellen, daß nach dem Kopiervorgang bereits die neuen Korrekturdaten verwendet werden, ist die bereits bestehende, gleichnamige Datei von der Festplatte des FSE zu löschen. Hierzu sind folgende Schritte notwendig:

- mitgelieferte Diskette in das Laufwerk des FSE einlegen
- [ **SYSTEM PRESET** ]
- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND** ]  
Auswahl des gewünschten Bandes für das Korrekturdaten kopiert werden sollen (mit Cursor-Tasten/Drehrad und ENTER):

Mischer	Hohlleiter-Band
FS-Z60	U
FS-Z75	V
FS-Z90	E
FS-Z110	W

- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : AVG CONV LOSS : ENTER** ]  
frequenzabhängige Pegelkorrektur für das selektierte Band deaktivieren

- [ **INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE ]  
Auswahl der Datei, die durch eine neue ersetzt werden soll  
(mit Cursor-Tasten/Drehrad und ENTER):

Hohlleiter-Band	Dateiname
U	FS-Z60
V	FS-Z75
E	FS-Z90
W	FS-Z110

- [ **INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : DELETE TABLE ]  
Löschen der selektierten Datei nach Bestätigung mit 'OK'
- [ **INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : LOAD TABLE: **ENTER**]  
Kopieren der neuen Datei von Diskette auf die Festplatte des FSE. Kopiervorgang mit ENTER starten

Um die auf die Festplatte kopierte Datei zu aktivieren, muß diese im Menü *CONV LOSS TABLE* für das entsprechende Band selektiert werden.

- [ ↑ ]  
Rückkehr in das Menü *CONV LOSS TABLE*
- [ **INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE ]  
Auswahl der gewünschten Datei mit Cursor-Tasten/Drehrad und ENTER

Die Datei ist dann in der Auswahlliste mit ✓ markiert. Nach Verlassen der Menüs *CONV LOSS TABLE* sowie *SELECT BAND* durch zweimaliges Betätigen der Taste [ ↑ ] (MENU UP) werden zur Pegelkorrektur nun die Korrekturdaten dieser Datei verwendet.

**Beispiel:**

Für den Mischer FS-Z75 sollen neue Korrektur-Daten auf die Festplatte des FSE kopiert werden. Folgende Schritte sind hierzu notwendig:

- mitgelieferte Diskette in das Laufwerk des FSE einlegen
- [ **SYSTEM PRESET** ]
- [ **INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND ]  
Auswahl des V-Bands mit Cursor-Tasten/Drehrad und ENTER:
- [ **INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : AVG CONV LOSS : **ENTER** ]  
frequenzabhängige Pegelkorrektur für das selektierte Band deaktivieren
- [ **INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE ]  
Auswahl der zu ersetzenden Datei 'FS-Z75' mit Cursor-Tasten/Drehrad und ENTER
- [ **INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : DELETE TABLE ]  
Löschen der selektierten Datei
- [ **INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : LOAD TABLE: **ENTER**]  
Kopiervorgang mit ENTER starten
- [ **INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE ]  
Auswahl von 'FS-Z75' mit Cursor-Tasten/Drehrad und ENTER
- Rückkehr in das Menü *EXTERNAL MIXER* durch zweimaliges Betätigen der Taste *MENU UP*  
[ ↑ ]  
[ ↑ ]



## Bedienhinweise

Wurde die mit dem Mischer mitgelieferte Datei mit Kalibrierdaten auf die Festplatte des FSE kopiert und für das entsprechende Band aktiviert, so sind nach Auswahl des gewünschten Bandes keine weiteren Einstellungen mehr notwendig. Neben den Kalibrierdaten enthält die Datei nämlich auch alle zusätzlich erforderlichen Parameter, die automatisch am FSE eingestellt werden.

	FS-Z60	FS-Z75	FS-Z90	FS-Z110
Band	U	V	E	W
Frequenzbereich / GHz	40 - 60	50 - 75	60 - 90	75 - 110
Ordnung der	4	6	6	8
Harmonischen	geradzahlig	geradzahlig	geradzahlig	geradzahlig
Ports	2	2	2	2
Bias / mA	0	0	0	0

Die Zuordnung der Datei mit Kalibrierdaten zu einem bestimmten Band bleibt auch nach Ausschalten des Geräts oder nach Zurücksetzen durch Preset erhalten. Nach Preset ist daher nur das entsprechende Band auszuwählen.

## Hinweise zur Pegelkorrektur

Mit den mitgelieferten Korrekturdaten wird nur die Umsetzdämpfung des Mischers berücksichtigt. Die Einfügedämpfung des zum Abgriff des ZF-Signals verwendeten Kabels ist bei der Pegelkorrektur daher gesondert zu berücksichtigen.

Die Kabeldämpfung im ZF-Pfad tritt im Gegensatz zur Umsetzdämpfung des Mischers frequenzunabhängig in Erscheinung. Sie lässt sich daher einfach durch einen Pegeloffset (Funktion REF LEVEL OFFSET) berücksichtigen.

### Beispiel:

Die Einfügedämpfung  $a_0$  des zum Abgriff des ZF-Signals verwendeten Kabels beträgt bei 741,4 MHz (entspricht der ZF) 0,8 dB . Durch

- [ **LEVEL REF : REF LEVEL OFFSET : 0.8 dB** ]

wird diese Einfügedämpfung berücksichtigt.

## Meßgenauigkeit

Die Messung von Signalpegeln ist stets mit einer gewissen Meßunsicherheit behaftet. Abhängig von der Art der Messung setzt sich diese Meßunsicherheit aus verschiedenen Fehlerquellen zusammen (siehe Abschnitt "Fehlerbeiträge aufgrund von Fehlanpassung"). Prinzipiell lassen sich diese Fehlerquellen einerseits dem Spektrumanalysator, andererseits dem Harmonischen-Mischer zuordnen. Meßfehler aufgrund von zu geringem Signal/Rauschabstand werden im folgenden nicht berücksichtigt.

### Fehlerbeiträge des Spektrumanalysators

Bei der Verwendung von Harmonischen-Mischern kann die Genauigkeit der Messung durch folgende Fehlerquellen des Spektrumanalysators beeinflusst werden:

- Absolutfehler
- ZF-Verstärkungsfehler
- Linearitätsfehler
- Fehler der Bandbreitenumschaltung
- Bandbreitenfehler

Die jeweiligen Beiträge sind dem Datenblatt des Spektrumanalysators zu entnehmen.

### Fehlerbeiträge des Harmonischen-Mischers

Folgende Fehlerquellen des Harmonischen-Mischers können in den Gesamtfehler eingehen:

- Kalibrierunsicherheit
- Abweichung des LO-Pegels vom Idealwert

Wie jede Messung ist auch die Kalibrierung der Mischer mit gewissen Fehlern verschiedener Ursachen behaftet. Diese Fehler sind in der Kalibrierunsicherheit zusammengefaßt.

Trotz des Zwei-Dioden-Designs besteht zwischen der Umsetzdämpfung des Mischers sowie dem LO-Pegel eine gewisse Abhängigkeit. Liegt aufgrund der LO-Pegelschwankungen des Spektrumanalysators am Mischer bei der Messung ein anderer LO-Pegel als bei der Kalibrierung an, so kann die tatsächliche Umsetzdämpfung von den Kalibrierwerten abweichen. Die daraus resultierende Meßunsicherheit wird jedoch bereits in der im Datenblatt angegebenen Kalibrierunsicherheit berücksichtigt. Die Angaben gelten dabei nur für den ebenfalls angegebenen LO-Pegelbereich.

## Fehlerbeiträge aufgrund von Fehlanpassung

Ein idealer Mischer mit einem Eingangsreflexionsfaktor von 0 würde die gesamte, ihm angebotene Eingangsleistung unabhängig von der Ausgangsimpedanz der Signalquelle absorbieren.

Da der Reflexionsfaktor am Eingang eines realen Mischers jedoch  $> 0$  ist, kommt es zur Fehlanpassung. Das Ergebnis der Messung ist somit auch abhängig vom Ausgangsreflexionsfaktor der Quelle, der in der Regel ebenfalls  $> 0$  ist. Für die Meßunsicherheit  $M_U$  aufgrund von Fehlanpassung gilt:

$$M_U = 100 \cdot [(1 \pm r_g \cdot r_l)^2 - 1] \quad (\text{Gl. 3-1})$$

mit  $M_U$  Meßunsicherheit in %  
 $r_g$  Betrag des Reflexionsfaktors der Quelle  
 $r_l$  Betrag des Reflexionsfaktors des Mischers .

Näherungsweise gilt:

$$M_U \approx \pm 200 \cdot r_g \cdot r_l \quad (\text{Gl. 3-2})$$

Aus den Angaben des Eingangs- bzw. Ausgangs-VSWR des Mischers bzw. des Meßobjekts lassen sich wie folgt die entsprechenden Reflexionsfaktoren berechnen:

$$r = \frac{s-1}{s+1} \quad (\text{Gl. 3-3})$$

mit  $r$  Reflexionsfaktor  
 $s$  VSWR.

Ebenso ist die Fehlanpassung von ZF-Ausgang des Mischers und ZF-Eingang des Spektrumanalysators eine mögliche Fehlerquelle. Aufgrund des niedrigen VSWRs an den ZF-Eingängen des FSE kann der daraus resultierende Fehlerbeitrag jedoch vernachlässigt werden.

## Gesamtmeßfehler

Welche Fehlerquellen in die Gesamtmeßunsicherheit einsehen ist von der Art der Messung abhängig. Für die wichtigsten Fälle sind die einfließenden Fehlerquellen im folgenden aufgeführt:

### Messung des Absolutpegels

Fehlerquellen des Spektrumanalysators:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absolutfehler</li> <li>- ZF-Verstärkungsfehler</li> <li>- Linearitätsfehler</li> <li>- Fehler der Bandbreitenumschaltung</li> <li>- Bandbreitenfehler (nur bei Kanalleistungsmessung sowie bei Messung von Rauschen)</li> </ul>
Fehlerquellen des Harmonischen-Mischers:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kalibrierunsicherheit</li> </ul>
Fehler aufgrund von Fehlanpassung:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fehlanpassung zwischen Ausgang des Meßobjekts und HF-Eingang des Mischers</li> </ul>

**Relative Pegelmessung**

Fehlerquellen des Spektrumanalysators:	- Linearitätsfehler
Voraussetzungen:	- gleichbleibende Bandbreiten und Referenzpegel-Einstellung - Messungen bei einer Signalfrequenz <sup>1</sup> - gleichbleibende Quellen-Ausgangsimpedanz

Aus diesen Beiträgen läßt sich ein maximaler Fehler (worst-case) durch einfache Addition der relevanten Beiträge berechnen. Der damit errechnete Maximalfehler hat ein Vertrauensniveau von 100%, d.h. der bei einer Messung tatsächlich auftretende Fehler überschreitet nie die berechneten Fehlergrenzen.

In der Praxis stellt man jedoch fest, daß der Maximalfehler nur selten erreicht wird. Wenn sich der Gesamtfehler aus vielen Einzelfehlern zusammensetzt, die voneinander unabhängige Ursachen haben, so ist es statistisch ein sehr seltenes Ereignis, daß bei einer Messung sämtliche Einzelfehler gleichzeitig mit ihrem maximalen Wert und gleichem Vorzeichen auftreten.

Wesentlich praxisnäher ist daher die Berechnung des Gesamtfehlers mit einem gewissen Vertrauensniveau, üblicherweise von 95% (Siehe hierzu auch Application Note 1EF36\_0E 'Level Error Calculation for Spectrum Analyzers').

Für systematische Fehler, also für alle oben aufgeführten Fehler außer Fehler aufgrund von Fehlanpassung, wird hierfür eine Rechteck-Verteilung angenommen.

Für die Varianz  $\sigma^2$  der einzelnen Fehler gilt:

$$\sigma^2 = \frac{a^2}{3} \quad (\text{Gl. 3-4})$$

mit  $\sigma^2$  Varianz  
 $a$  max. systematischer Fehler, in dB .

Bandbreitenfehler werden üblicherweise in % angegeben. Es gilt daher

$$\sigma^2 = \frac{\left(10 \cdot \lg\left(1 + \frac{RBW_{err}}{100}\right)\right)^2}{3} \quad (\text{Gl. 3-5})$$

mit  $\sigma^2$  Varianz  
 $RBW_{err}$  Bandbreitenfehler, in % .

<sup>1</sup> Variiert die Signalfrequenz zwischen beiden zu messenden Signalen nur geringfügig (bis zu einigen MHz), so kann der Frequenzgang vernachlässigt werden. Es tritt nahezu ausschließlich der Linearitätsfehler des Spektrumanalysators in Erscheinung

Ist ein Fehler (z.B. die Kalibrierunsicherheit des Mischers) bereits mit einem bestimmten Vertrauensniveau angegeben, d.h. die Angabe spiegelt nicht den Maximalwert wider, so ist aus dem angegebenen Wert zunächst die Varianz zu berechnen.  
Für Angaben mit einem Vertrauensniveau von 95% gilt

$$\sigma^2 = \left( \frac{a_{RSS}}{1,96} \right)^2 \quad \text{(Gl. 3-6)}$$

mit  $\sigma^2$  Varianz  
 $a_{RSS}$  systematischer Fehler mit einem Vertrauensniveau von 95% in dB.

Fehler aufgrund von Fehlanpassung haben eine U-Verteilung. Für die Varianz  $\sigma^2$  gilt somit

$$\sigma^2 = \frac{\left( 20 \cdot \lg(1 - r_g \cdot r_l) \right)^2}{2} \quad \text{(Gl. 3-7)}$$

mit  $\sigma^2$  Varianz  
 $r_g$  Betrag des Reflexionsfaktors der Quelle  
 $r_l$  Betrag des Reflexionsfaktors des Senke .

Der Betrag des Reflexionsfaktors kann wiederum mit

$$r = \frac{s - 1}{s + 1} \quad \text{(Gl. 3-8)}$$

mit  $r$  Reflexionsfaktor  
 $s$  VSWR

berechnet werden.

Aus den Varianzen  $\sigma_i$  der einzelnen Beiträge läßt sich die kombinierte Standardabweichung  $\sigma_{tot}$  mit

$$\sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad \text{(Gl. 3-9)}$$

berechnen. Die daraus resultierende Standardabweichung hat ein Vertrauensniveau von 68%. Für ein Vertrauensniveau von 95% ist dieser Wert mit dem 1,96 zu multiplizieren.

**Beispiel:**

Für die Absolutpegelmessung eines Eingangssignals (Ausgangs-VSWR der Signalquelle 1,9:1) soll der Gesamtmeßfehler mit einem Vertrauensniveau von 95% ermittelt werden. Die am Spektrumanalysator eingestellte Auflösesebandbreite beträgt 100 kHz, der Signalpegel ist etwa 20 dB unter dem Referenzpegel. Der Bandbreitenfehler des Spektrumanalysators sei mit 10% zu berücksichtigen. Den Datenblättern des Mischers sowie des Spektrumanalysators werden hierzu die notwendigen Angaben entnommen.

	angegebener Fehler	Varianz $\sigma_i^2$	Anmerkung
<b>Spektrumanalysator</b>			
Absolutfehler (bei externer Mischung)	1,0 dB	0,33	vgl. Gl. 3-4
ZF-Verstärkungsfehler	0,2 dB	0,01	vgl. Gl. 3-4
Linearitätsfehler	0,3 dB	0,03	vgl. Gl. 3-4
Fehler der Bandbreitenumschaltung	0,2 dB	0,01	vgl. Gl. 3-4
Bandbreitenfehler	10 %	0,07	vgl. Gl. 3-5
<b>Harmonischen-Mischer</b>			
Kalibrierunsicherheit	3,0 dB	2,34	vgl. Gl. 3-6
<b>Fehlanpassung</b>			
VSWR am HF-Eingang des Mischers	3,5		
VSWR am Ausgang der Signalquelle	1,2	0,10	vgl. Gl. 3-7

Mit (Gl. 3-9) läßt sich aus den Varianzen  $\sigma_i^2$  die kombinierte Standardabweichung zu  $\sigma_{tot} = 1,7$  berechnen. Durch Multiplikation dieser Standardabweichung mit dem Faktor 1,96 erhält man einen Gesamtmeßfehler von 3,34 dB mit einem Vertrauensniveau von 95%.

Zur Vereinfachung solcher Fehlerberechnungen befindet sich auf der mit dem Mischer mitgelieferten Diskette ein Spreadsheet für MS Excel® 5.0 (Datei EXTERROR.XLS).

Error Calculation for FSE + External Mixer		
Inherent errors	specified error	variance
<b>Spectrum analyzer</b>		
Absolute error (IF input for external mixing) [dB]	1,00	0,33
IF Gain [dB]	0,20	0,01
Log linearity [dB]	0,30	0,03
Bandwidth switching error [dB]	0,20	0,01
Bandwidth error [%]	10,00	0,07
<b>External mixer</b>		
Calibration accuracy (95% confidence level) [dB]	3,00	2,34
combined variance		2,80
combined standard uncertainty		1,67
<b>rss error (95% confidence level)</b> [dB]		<b>3,28</b>
<b>Error due to source mismatch</b>		
VSWR of external mixer (RF port)	3,50	
VSWR of DUT	1,20	0,10
combined variance		2,90
combined standard uncertainty		1,70
<b>error including source mismatch (95%)</b> [dB]		<b>3,34</b>

In die gelb hinterlegten Felder sind die einzelnen Fehlerbeiträge in der jeweils angegebenen Einheit einzutragen. Der berechnete Fehler mit einem Vertrauensniveau von 95% wird in den dunkelblau hinterlegten Feldern ausgegeben.

Der unter 'rss error (95% confidence level)' ausgegebene Fehler berücksichtigt alle Einzelfehler. Fehler aufgrund von Fehlanpassung zwischen Meßobjekt und Mischereingang werden in dem unter 'error including source mismatch (95%)' ausgegebenen Wert berücksichtigt.

## 4 Wartung und Fehlersuche

### Wartung

Die Harmonischen-Mischer FS-Z60, FS-Z75, FS-Z90 und FS-Z110 sind wartungsfrei. Die Kontaktfläche des Hohlleiter-Flansches sollte in regelmäßigen Abständen mit Alkohol und einem weichen Tuch gereinigt werden.

**Achtung:**

*Die Kontaktfläche darf dabei nicht verkratzt werden!*

Um Meßfehler gering zu halten, sollte der Mischer in regelmäßigen Abständen zur Neu-Kalibrierung an den Hersteller gegeben werden (siehe Angaben zu Kalibrierintervall im Datenblatt).

### Fehlersuche

Eine Fehlersuche im eigentlichen Sinn ist bei den Harmonischen-Mischern der Reihe FS-Zxx nicht möglich. Defekte Mischer erfordern stets Reparatur und eine neue Kalibrierung beim Hersteller. Beschädigungen äußern sich im allgemeinen durch erhöhte Umsetzdämpfung bis hin zum kompletten Ausfall.

**Achtung:**

- *Die Funktion der Dioden im Mischer darf nicht mit Hilfe eines Ohmmeters überprüft werden. Die Dioden können durch die Batteriespannung zerstört werden!*
- *Die Schrauben am Mischer einschließlich der Schrauben zur Befestigung der SMA-Buchse dürfen nicht gelockert werden.*
- *Der Aufkleber mit Kalibrierwerten dient zugleich als Siegel. Bei Beschädigung dieses Siegels wird die Kalibrierung ungültig.*



## 5 Prüfung der Solleigenschaften

### Meßgeräte und Hilfsmittel

Table 5-1 Meßgeräte und Hilfsmittel

Pos.	Geräteart	Empfohlene Eigenschaften	Empfohlenes Gerät	R&S- Bestell-Nr.	Seite
1	Spektrumanalysator	LO-Frequenzbereich 7,5 GHz bis 15,2 GHz LO-Pegel 15,5 dBm $\pm$ 3 dB ZF-Eingang 741,4 MHz ZF-Pegel für Vollaussteuerung > -20 dBm Interner Diplexer	FSEM 20 + B21 <sup>1)</sup> oder FSEM 21 oder FSEM 30 + B21 <sup>1)</sup> oder FSEM 31 oder FSEK 20 + B21 <sup>1)</sup> oder FSEK 21 oder FSEK 30 + B21 <sup>1)</sup> oder FSEK 31 oder FSIQ 26 + B21 <sup>1)</sup> oder ESIB 26 + B21 <sup>1)</sup> oder ESIB 40 + B21 <sup>1)</sup>  <sup>1)</sup> Option FSE-B21	1080.1505.20 1080.1505.21 1079.8500.30 1079.8500.31 1088.1491.20 1088.1491.21 1088.3494.30 1088.3494.31 1119.6001.26 1088.7490.26 1088.7490.40  1084.7243.02	19 23
2	Meßsender	Frequenzbereich bis 1 GHz	SMT02	1039.2000.02	19
3	Signalquelle	Ausgangspegel > 0 dBm Ausgangs-VSWR < 2,0 : 1  Frequenzbereich: FS-Z60: 40 GHz bis 60 GHz FS-Z75: 50 GHz bis 75 GHz FS-Z90: 60 GHz bis 90 GHz FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz Hohlleiteranschluß FS-Z60: UG-383/U-M FS-Z75: UG-385/U FS-Z90: UG-387/U FS-Z110: UG-387/U-M	FS-Z60: Anritsu 68085B  FS-Z75: Anritsu 68085B + Anritsu 54000-5WR15  FS-Z90: Anritsu 68085B + Anritsu 54000-5WR15 Anritsu 54000-5WR10 FS-Z110: Anritsu 68085B + Anritsu 54000-5WR10		19
4	Leistungsmesser		NRVD	0857.8008.02	19
5	Leistungsmeßkopf	Frequenzbereich bis 1 GHz Fehler (RSS) bezogen auf angezeigte Leistung $\leq$ 0,8% Rauschanzeige $\leq$ 20 pW	NRV-Z4	0828.3618.02	19
6	Leistungsmesser	geeignet für Hohlleiter- Meßköpfe für FS-Z60: 40 GHz bis 60 GHz FS-Z75: 50 GHz bis 75 GHz FS-Z90: 60 GHz bis 90 GHz FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz	Anritsu ML4803A		19

Pos.	Geräteart	Empfohlene Eigenschaften	Empfohlenes Gerät	R&S- Bestell-Nr.	Seite
7	Leistungsmeßkopf	Frequenzbereich: FS-Z60: 40 GHz bis 60 GHz FS-Z75: 50 GHz bis 75 GHz FS-Z90: 60 GHz bis 90 GHz FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz  Hohlleiteranschluß: FS-Z60: UG-383/U-M FS-Z75: UG-385/U FS-Z90: UG-387/U FS-Z110: UG 383/U-M  Eingangs-VSWR < 1,5 : 1  Rauschanzeige ≤ -30 dBm  Fehler (RSS) ≤ 4 %	FS-Z60: Anritsu MP715A  FS-Z75: Anritsu MP716A  FS-Z90: Anritsu MP717A		19
8	Dämpfungsglied	Dämpfung 10 dB  VSWR ≤ 1,15 : 1  Hohlleiteranschluß  FS-Z60: UG-383/U-M FS-Z75: UG-385/U FS-Z90: UG-387/U FS-Z110: UG-387/U-M	FS-Z60: Millitech FXA-19-R10G0  FS-Z60: Millitech FXA-15-R10G0  FS-Z90: Millitech FXA-12-R10G0		19
9	Hohlleiterübergänge	nur für FS-Z90: WR12 auf WR15 WR12 auf WR10	Millitech TWT-15-R12R0 TWT-12-R10R0		19

## Prüfablauf

- Vor der Prüfung der Solleigenschaften ist bei dem hierfür erforderlichen FSE nach mindestens 30 Minuten Einlaufzeit eine Totkalibrierung durchzuführen. Nur dadurch ist sichergestellt, daß die garantierten Daten des Oberwellen-Mischers nachgewiesen werden können.
- Die Einstellungen am FSE werden aus der Preset-Einstellung ausgeführt.
- Für Einstellungen am FSE bei der Messung gelten folgende Konventionen:  
 [<TASTE>] Drücken einer Taste an der Frontplatte, z.B. [SPAN]  
 [<SOFTKEY>] Drücken eines Softkeys, z.B. [MARKER -> PEAK]  
 [<nn Einheit>] Eingabe eines Wertes + Abschluß der Eingabe mit der Einheit, z.B. [12 kHz]  
 Aufeinanderfolgende Eingaben sind durch [:] getrennt, z.B. [**SPAN**: 15 kHz]
- Die in den folgenden Abschnitten vorkommenden Werte sind nicht garantiert; verbindlich sind nur die technischen Daten im Datenblatt.

## Prüfung der Umsetzdämpfung

Meßmittel:	- Spektrumanalysator	(Tabelle 5-1, Pos. 1)
	- Meßsender	(Tabelle 5-1, Pos. 2) Frequenzbereich bis 1 GHz
	- Leistungsmesser	(Tabelle 5-1, Pos. 4)
	- Leistungsmeßkopf	(Tabelle 5-1, Pos. 5) Frequenzbereich bis 1 GHz RSS bezogen auf angezeigte Leistung $\leq 0,8 \%$ Rauschanzeige $\leq 20 \text{ pW}$
	- Signalquelle	(Tabelle 5-1, Pos. 3) Ausgangspegel $> 0 \text{ dBm}$ Ausgangs-VSWR $< 2,0 : 1$ Frequenzbereich FS-Z60: 40 GHz bis 60 GHz FS-Z75: 50 GHz bis 75 GHz FS-Z90: 60 GHz bis 90 GHz FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz Hohlleiteranschluß FS-Z60: UG-383/U-M FS-Z75: UG-385/U FS-Z90: UG-387/U FS-Z110: UG-387/U-M
	- Dämpfungsglied	(Tabelle 5-1, Pos. 8) Dämpfung 10 dB VSWR $\leq 1,15 : 1$ Frequenzbereich FS-Z60: 40 GHz bis 60 GHz FS-Z75: 50 GHz bis 75 GHz FS-Z90: 60 GHz bis 90 GHz FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz Hohlleiteranschluß FS-Z60: UG-383/U-M FS-Z75: UG-385/U FS-Z90: UG-387/U FS-Z110: UG-387/U-M

- Leistungsmesser (Tabelle 5-1, Pos. 6)  
geeignet für Hohlleiter-Meßköpfe
- Leistungsmeßkopf (Tabelle 5-1, Pos. 7)
  - Rauschanzeige  $\leq -30$  dBm
  - Fehler (RSS)  $\leq 4$  %
  - Eingangs-VSWR  $< 1,5 : 1$
  - Frequenzbereich
    - FS-Z60: 40 GHz bis 60 GHz
    - FS-Z75: 50 GHz bis 75 GHz
    - FS-Z90: 60 GHz bis 90 GHz
    - FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz
  - Hohlleiteranschluß
    - FS-Z60: UG-383/U-M
    - FS-Z75: UG-385/U
    - FS-Z90: UG-387/U
    - FS-Z110: UG-387/U-M
- Hohlleiterübergänge (Tabelle 5-1, Pos. 9)  
nur für FS-Z90 erforderlich
  - WR12 auf WR15
  - WR12 auf WR10

**Bestimmung des absoluten Pegelfehlers**

Mit der Messung wird der Gesamtpegelfehler bedingt durch den Pegelfehler des FSE sowie der Einfügedämpfung des Kabels im ZF-Pfad ermittelt.

Meßaufbau:

- Leistungsmeßkopf (Tabelle 5-1, Pos. 5) an den Leistungsmesser (Tabelle 5-1, Pos. 4) anschließen und Funktion 'ZERO' ausführen, wenn kein Signal am Leistungsmeßkopf anliegt.
- Leistungsmeßkopf direkt an den HF-Ausgang des Meßsenders (Tabelle 5-1, Pos. 2) anschließen.

Einstellungen am Meßsender:

- Frequenz 741,4 MHz
- Pegel -30 dBm

Messung:

- Ausgangsleistung des Meßsenders mit Leistungsmesser bestimmen. Zur Erhöhung der Meßgenauigkeit wird empfohlen den Frequenzgang des Leistungsmeßkopfs zu kompensieren.
- HF-Ausgang des Meßsenders an die Buchse 'LO OUT / IF IN' des FSE anschließen. Hierzu ist das mit dem FSE bzw. der Option FSE-B21 mitgelieferte Koaxialkabel zu verwenden.

- Einstellungen am FSE:
- [ **SYSTEM PRESET** ]
  - [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : BAND LOCK ON / OFF** ]  
auf BAND LOCK OFF schalten
  - [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : AVG CONV LOSS : 0 dB** ]
  - [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : PORTS 2/3** ]  
Auswahl von 2-Tor-Mischern
  - [ **LEVEL REF : -20 dBm** ]
  - [ **FREQUENCY SPAN : 1 MHz** ]
  - [ **SWEEP COUPLING : RES BW MANUAL : 10 kHz** ]
  - Marker auf Spitze des Signals stellen  
[ **MARKER SEARCH : PEAK** ]

Auswertung: Die Abweichung zwischen den Signalpegeln, die mit dem Leistungsmesser und dem FSE gemessen wurden (Pegelwert von Marker 1), spiegelt den absoluten Pegelfehler des FSE wider. Er kann wie folgt berechnet werden:

$$\text{Absoluter Fehler} = L_{\text{FSE}} - L_{\text{Leistungsmesser}}$$

Der ermittelte Absolutfehler ist in Tabelle 5-2 (Pos. 1) des Performance-Test-Protokolls einzutragen

**Messen des Ausgangspegels der Signalquelle**

- Meßaufbau:
- Leistungsmeßkopf (Tabelle 5-1, Pos. 7) an den Leistungsmesser (Tabelle 5-1, Pos. 6) anschließen und Funktion 'Zero' ausführen, wenn kein Signal am Eingang des Leistungsmeßkopfes anliegt.
  - HF-Ausgang der Signalquelle (Tabelle 5-1, Pos. 3) über Dämpfungsglied an den Eingang des Leistungsmeßkopfs anschließen

**Bei FS-Z90:** *Zum Anschluß des Dämpfungsglieds an den Ausgang der Signalquelle sind Hohlleiterübergänge (Tabelle 5-1, Pos. 9) zu verwenden.*

- Einstellungen an der Signalquelle:
- Pegel 0 dBm
  - Frequenz  $f_{\text{fresp}}$

Siehe Tabelle 5-2 (Pos. 2) des Performance-Test-Protokolls für Werte von  $f_{\text{fresp}}$ .

Einstellungen am Leistungsmesser  
Signalpegel  $L_{\text{gen}}$  bestimmen. Um eine höhere Genauigkeit zu erreichen, wird empfohlen, den Frequenzgang des Leistungsmeßkopfes zu kompensieren.

**Prüfung der Umsetz-  
dämpfung des Mischers**

Meßaufbau:

- Oberwellen-Mischer über Dämpfungsglied an die Signalquelle (Tabelle 5-1, Pos. 3) anschließen.

**Bei FS-Z90:** Zum Anschluß des Dämpfungsglieds an den Ausgang der Signalquelle sind Hohlleiterübergänge (Tabelle 5-1, Pos. 9) zu verwenden.

- Buchse 'LO / IF' des Oberwellenmischers mit Buchse 'LO OUT / IF IN' des FSE verbinden. Hierzu ist das mit dem FSE bzw. der Option FSE-B21 mitgelieferte Koaxialkabel zu verwenden.

Einstellungen an der Signalquelle:

- Frequenz  $f_{\text{fresp}}$

Siehe Tabelle 5-2 (Pos. 3) des Performance-Test-Protokolls für Werte von  $f_{\text{fresp}}$ .

Einstellungen am FSE:

- [ **SYSTEM PRESET** ]
- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : DEFAULT SETTINGS** ]
- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND** ]  
Auswahl des gewünschten Hohlleiterbandes mit Cursor-Tasten/ Drehrad und Enter:

FS-Z60:	Band U
FS-Z75:	Band V
FS-Z90:	Band E
FS-Z110:	Band W

- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : AVG CONV LOSS : 0 dB** ]
- [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : PORTS 2/3** ]  
Auswahl von 2-Tor-Mischern
- [ **FREQUENCY SPAN : 100 kHz** ]
- [ **SWEEP COUPLING : RES BW MANUAL : 10 kHz** ]
- [ **FREQUENCY CENTER : { $f_{\text{fresp}}$ }** ]

Siehe Tabelle 5-2 (Pos. 3) des Performance-Test-Protokolls für Werte von  $f_{\text{fresp}}$ .

- Marker auf Spitze des Signals stellen  
[ **MARKER SEARCH : PEAK** ]

Der Signalpegel  $L_{\text{FSE}}$  wird durch den Pegel von Marker 1 angezeigt.

Auswertung:

Die Umsetzdämpfung kann wie folgt berechnet werden:

$$a_{\text{conv}} = L_{\text{gen}} - (L_{\text{FSE}} - \text{absoluter Fehler})$$

Siehe Tabelle 5-2 (Pos. 3) des Performance-Test-Protokolls für Sollwerte.

## Prüfung der Rauschanzeige

- Meßmittel: - Spektrumanalysator (Tabelle 5-1, Pos. 1)
- Meßaufbau: Buchse 'LO / IF' des Oberwellen-Mischers mit Buchse 'LO OUT / IF IN' des FSE verbinden. Hierzu das mit dem FSE bzw. der Option FSE-B21 mitgelieferte Koaxialkabel verwenden
- Einstellungen am FSE:
- [ **SYSTEM PRESET** ]
  - [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : DEFAULT SETTINGS** ]
  - [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND** ]  
Auswahl des gewünschten Hohlleiterbandes mit Cursor-Tasten/ Drehrad und Enter:
 

FS-Z60:	Band U
FS-Z75:	Band V
FS-Z90:	Band E
FS-Z110:	Band W
  - [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : PORTS 2/3** ]  
Auswahl von 2-Tor-Mischern
  - [ **FREQUENCY SPAN : 10 kHz** ]
  - [ **SWEEP COUPLING : RES BW MANUAL : 1 kHz** ]
  - [ **SWEEP COUPLING : VIDEO BW MANUAL : 10 Hz** ]
  - [ **TRACE 1 : AVERAGE** ]
  - [ **TRACE 1 : SWEEP COUNT : 30 ENTER** ]
  - [ **LEVEL REF : -60 dBm** ]
  - [ **FREQUENCY CENTER : { $f_{\text{fresp}}$ }** ]  
Siehe Tabelle 5-2 (Pos. 4) des Performance-Test-Protokolls für Werte von  $f_{\text{fresp}}$ .
  - [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : AVG CONV LOSS : { $a_{\text{conv}}$ }** ]  
Siehe Tabelle 5-2 (Pos. 3) des Performance-Test-Protokolls für Werte von  $a_{\text{conv}}$ .
  - Marker auf Spitze des Signals stellen  
[ **MARKER SEARCH : PEAK** ]
- Auswertung: Die Rauschanzeige wird durch den Pegel von Marker 1 angezeigt. Siehe Tabelle 5-2 (Pos. 4) des Performance-Test-Protokolls für Sollwerte.





Pos.-Nr.	Eigenschaft	Messung auf Seite	Min.-Wert	Ist-Wert	Max. -Wert	Einheit
2	Prüfen der Umsetz- dämpfung	19				
	<b>Generatorpegel <math>L_{gen}</math></b> $f_{fresp}$					
	<b>FS-Z75:</b>					
	50 GHz		-	_____	-	dBm
	51 GHz		-	_____	-	dBm
	52 GHz		-	_____	-	dBm
	53 GHz		-	_____	-	dBm
	54 GHz		-	_____	-	dBm
	55 GHz		-	_____	-	dBm
	56 GHz		-	_____	-	dBm
	57 GHz		-	_____	-	dBm
	58 GHz		-	_____	-	dBm
	59 GHz		-	_____	-	dBm
	60 GHz		-	_____	-	dBm
	61 GHz		-	_____	-	dBm
	62 GHz		-	_____	-	dBm
	63 GHz		-	_____	-	dBm
	64 GHz		-	_____	-	dBm
	65 GHz		-	_____	-	dBm
	66 GHz		-	_____	-	dBm
	67 GHz		-	_____	-	dBm
	68 GHz		-	_____	-	dBm
	69 GHz		-	_____	-	dBm
	70 GHz		-	_____	-	dBm
	71 GHz		-	_____	-	dBm
	72 GHz		-	_____	-	dBm
	73 GHz		-	_____	-	dBm
	74 GHz		-	_____	-	dBm
	75 GHz		-	_____	-	dBm
	<b>FS-Z90:</b>					
	60 GHz		-	_____	-	dBm
	61 GHz		-	_____	-	dBm
	62 GHz		-	_____	-	dBm
	63 GHz		-	_____	-	dBm
	64 GHz		-	_____	-	dBm
	65 GHz		-	_____	-	dBm
	66 GHz		-	_____	-	dBm
	67 GHz		-	_____	-	dBm
	68 GHz		-	_____	-	dBm
	69 GHz		-	_____	-	dBm
	70 GHz		-	_____	-	dBm
	71 GHz		-	_____	-	dBm
	72 GHz		-	_____	-	dBm
	73 GHz		-	_____	-	dBm
	74 GHz		-	_____	-	dBm
	75 GHz		-	_____	-	dBm
	76 GHz		-	_____	-	dBm
	77 GHz		-	_____	-	dBm
	78 GHz		-	_____	-	dBm
	79 GHz		-	_____	-	dBm
	80 GHz		-	_____	-	dBm
	81 GHz		-	_____	-	dBm
	82 GHz		-	_____	-	dBm
	83 GHz		-	_____	-	dBm
	84 GHz		-	_____	-	dBm
	85 GHz		-	_____	-	dBm
	86 GHz		-	_____	-	dBm
	87 GHz		-	_____	-	dBm
	88 GHz		-	_____	-	dBm
	89 GHz		-	_____	-	dBm
	90 GHz		-	_____	-	dBm

Pos.-Nr.	Eigenschaft	Messung auf Seite	Min.-Wert	Ist-Wert	Max. -Wert	Einheit
2	Prüfen der Umsetz- dämpfung	19				
	Generatorpegel $f_{\text{resp}}$					
	<b>FS-Z110:</b>					
	75 GHz		-	_____	-	dBm
	76 GHz		-	_____	-	dBm
	77 GHz		-	_____	-	dBm
	78 GHz		-	_____	-	dBm
	79 GHz		-	_____	-	dBm
	80 GHz		-	_____	-	dBm
	81 GHz		-	_____	-	dBm
	82 GHz		-	_____	-	dBm
	83 GHz		-	_____	-	dBm
	84 GHz		-	_____	-	dBm
	85 GHz		-	_____	-	dBm
	86 GHz		-	_____	-	dBm
	87 GHz		-	_____	-	dBm
	88 GHz		-	_____	-	dBm
	89 GHz		-	_____	-	dBm
	90 GHz		-	_____	-	dBm
	91 GHz		-	_____	-	dBm
	92 GHz		-	_____	-	dBm
	93 GHz		-	_____	-	dBm
	94 GHz		-	_____	-	dBm
	95 GHz		-	_____	-	dBm
	96 GHz		-	_____	-	dBm
	97 GHz		-	_____	-	dBm
	98 GHz		-	_____	-	dBm
	99 GHz		-	_____	-	dBm
	100 GHz		-	_____	-	dBm
	101 GHz		-	_____	-	dBm
	102 GHz		-	_____	-	dBm
	103 GHz		-	_____	-	dBm
	104 GHz		-	_____	-	dBm
	105 GHz		-	_____	-	dBm
	106 GHz		-	_____	-	dBm
	107 GHz		-	_____	-	dBm
	108 GHz		-	_____	-	dBm
	109 GHz		-	_____	-	dBm
	110 GHz		-	_____	-	dBm

Pos.-Nr.	Eigenschaft	Messung auf Seite	Min.-Wert	Ist-Wert	Max. -Wert	Einheit
3	Prüfen der Umsetz- dämpfung	19				
	$a_{conv}$					
	$f_{fresp}$					
	<b>FS-Z60:</b>					
	40 GHz		-	_____	25	dB
	41 GHz		-	_____	25	dB
	42 GHz		-	_____	25	dB
	43 GHz		-	_____	25	dB
	44 GHz		-	_____	25	dB
	45 GHz		-	_____	25	dB
	46 GHz		-	_____	25	dB
	47 GHz		-	_____	25	dB
	48 GHz		-	_____	25	dB
	49 GHz		-	_____	25	dB
	50 GHz		-	_____	25	dB
	51 GHz		-	_____	25	dB
	52 GHz		-	_____	25	dB
	53 GHz		-	_____	25	dB
	54 GHz		-	_____	25	dB
	55 GHz		-	_____	25	dB
	56 GHz		-	_____	25	dB
	57 GHz		-	_____	25	dB
	58 GHz		-	_____	25	dB
	59 GHz		-	_____	25	dB
	60 GHz		-	_____	25	dB
	<b>FS-Z75:</b>					
	50 GHz		-	_____	34	dB
	51 GHz		-	_____	34	dB
	52 GHz		-	_____	34	dB
	53 GHz		-	_____	34	dB
	54 GHz		-	_____	34	dB
	55 GHz		-	_____	34	dB
	56 GHz		-	_____	34	dB
	57 GHz		-	_____	34	dB
	58 GHz		-	_____	34	dB
	59 GHz		-	_____	34	dB
	60 GHz		-	_____	34	dB
	61 GHz		-	_____	34	dB
	62 GHz		-	_____	34	dB
	63 GHz		-	_____	34	dB
	64 GHz		-	_____	34	dB
	65 GHz		-	_____	34	dB
	66 GHz		-	_____	34	dB
	67 GHz		-	_____	34	dB
	68 GHz		-	_____	34	dB
	69 GHz		-	_____	34	dB
	70 GHz		-	_____	34	dB
	71 GHz		-	_____	34	dB
	72 GHz		-	_____	34	dB
	73 GHz		-	_____	34	dB
	74 GHz		-	_____	34	dB
	75 GHz		-	_____	34	dB





Pos.-Nr.	Eigenschaft	Messung auf Seite	Min.-Wert	Ist-Wert	Max. -Wert	Einheit
4	Prüfung der Rauschanzeige	23				
	$f_{\text{fresp}}$					
	<b>FS-Z60:</b>					
	40 GHz		-	_____	-107	dBm
	41 GHz		-	_____	-107	dBm
	42 GHz		-	_____	-107	dBm
	43 GHz		-	_____	-107	dBm
	44 GHz		-	_____	-107	dBm
	45 GHz		-	_____	-107	dBm
	46 GHz		-	_____	-107	dBm
	47 GHz		-	_____	-107	dBm
	48 GHz		-	_____	-107	dBm
	49 GHz		-	_____	-107	dBm
	50 GHz		-	_____	-107	dBm
	51 GHz		-	_____	-107	dBm
	52 GHz		-	_____	-107	dBm
	53 GHz		-	_____	-107	dBm
	54 GHz		-	_____	-107	dBm
	55 GHz		-	_____	-107	dBm
	56 GHz		-	_____	-107	dBm
	57 GHz		-	_____	-107	dBm
	58 GHz		-	_____	-107	dBm
	59 GHz		-	_____	-107	dBm
	60 GHz		-	_____	-107	dBm
	<b>FS-Z75:</b>					
	50 GHz		-	_____	-97	dBm
	51 GHz		-	_____	-97	dBm
	52 GHz		-	_____	-97	dBm
	53 GHz		-	_____	-97	dBm
	54 GHz		-	_____	-97	dBm
	55 GHz		-	_____	-97	dBm
	56 GHz		-	_____	-97	dBm
	57 GHz		-	_____	-97	dBm
	58 GHz		-	_____	-97	dBm
	59 GHz		-	_____	-97	dBm
	60 GHz		-	_____	-97	dBm
	61 GHz		-	_____	-97	dBm
	62 GHz		-	_____	-97	dBm
	63 GHz		-	_____	-97	dBm
	64 GHz		-	_____	-97	dBm
	65 GHz		-	_____	-97	dBm
	66 GHz		-	_____	-97	dBm
	67 GHz		-	_____	-97	dBm
	68 GHz		-	_____	-97	dBm
	69 GHz		-	_____	-97	dBm
	70 GHz		-	_____	-97	dBm
	71 GHz		-	_____	-97	dBm
	72 GHz		-	_____	-97	dBm
	73 GHz		-	_____	-97	dBm
	74 GHz		-	_____	-97	dBm
	75 GHz		-	_____	-97	dBm

Pos.-Nr.	Eigenschaft	Messung auf Seite	Min.-Wert	Ist-Wert	Max. -Wert	Einheit
4	Prüfung der Rauschanzeige  f <sub>fresp</sub>  <b>FS-Z90:</b>	23				
	60 GHz		-	_____	-90	dBm
	61 GHz		-	_____	-90	dBm
	62 GHz		-	_____	-90	dBm
	63 GHz		-	_____	-90	dBm
	64 GHz		-	_____	-90	dBm
	65 GHz		-	_____	-90	dBm
	66 GHz		-	_____	-90	dBm
	67 GHz		-	_____	-90	dBm
	68 GHz		-	_____	-90	dBm
	69 GHz		-	_____	-90	dBm
	70 GHz		-	_____	-90	dBm
	71 GHz		-	_____	-90	dBm
	72 GHz		-	_____	-90	dBm
	73 GHz		-	_____	-90	dBm
	74 GHz		-	_____	-90	dBm
	75 GHz		-	_____	-90	dBm
	76 GHz		-	_____	-90	dBm
	77 GHz		-	_____	-90	dBm
	78 GHz		-	_____	-90	dBm
	79 GHz		-	_____	-90	dBm
	80 GHz		-	_____	-90	dBm
	81 GHz		-	_____	-90	dBm
	82 GHz		-	_____	-90	dBm
	83 GHz		-	_____	-90	dBm
	84 GHz		-	_____	-90	dBm
	85 GHz		-	_____	-90	dBm
	86 GHz		-	_____	-90	dBm
	87 GHz		-	_____	-90	dBm
	88 GHz		-	_____	-90	dBm
	89 GHz		-	_____	-90	dBm
	90 GHz		-	_____	-90	dBm

Pos.-Nr.	Eigenschaft	Messung auf Seite	Min.-Wert	Ist-Wert	Max. -Wert	Einheit
4	Prüfung der Rausch- anzeige  f <sub>fresp</sub>  <b>FS-Z110:</b>	23				
	75 GHz		-	_____	-88	dBm
	76 GHz		-	_____	-88	dBm
	77 GHz		-	_____	-88	dBm
	78 GHz		-	_____	-88	dBm
	79 GHz		-	_____	-88	dBm
	80 GHz		-	_____	-88	dBm
	81 GHz		-	_____	-88	dBm
	82 GHz		-	_____	-88	dBm
	83 GHz		-	_____	-88	dBm
	84 GHz		-	_____	-88	dBm
	85 GHz		-	_____	-88	dBm
	86 GHz		-	_____	-88	dBm
	87 GHz		-	_____	-88	dBm
	88 GHz		-	_____	-88	dBm
	89 GHz		-	_____	-88	dBm
	90 GHz		-	_____	-88	dBm
	91 GHz		-	_____	-88	dBm
	92 GHz		-	_____	-88	dBm
	93 GHz		-	_____	-88	dBm
	94 GHz		-	_____	-88	dBm
	95 GHz		-	_____	-88	dBm
	96 GHz		-	_____	-88	dBm
	97 GHz		-	_____	-88	dBm
	98 GHz		-	_____	-88	dBm
	99 GHz		-	_____	-88	dBm
	100 GHz		-	_____	-88	dBm
	101 GHz		-	_____	-88	dBm
	102 GHz		-	_____	-88	dBm
	103 GHz		-	_____	-88	dBm
	104 GHz		-	_____	-88	dBm
	105 GHz		-	_____	-88	dBm
	106 GHz		-	_____	-88	dBm
	107 GHz		-	_____	-88	dBm
	108 GHz		-	_____	-88	dBm
	109 GHz		-	_____	-88	dBm
	110 GHz		-	_____	-88	dBm





Produkte FSEM21/31 und FSEK21/31 oder FSEM20/30 und FSEK20/30 mit FSE-B21

## Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren mit Oberwellen-Mischern

### Application Note

Diese Applikationsschrift beschreibt das Prinzip der Oberwellenmischung sowie die Anforderungen an Spektrumanalysator und externen Mischer.



### Inhalt

1	Einführung.....	2
2	Grundlagen .....	3
	Hohlleiter.....	3
	Oberwellenmischung .....	5
	Signalidentifizierung .....	8
	Leistungsmerkmale von Mischern .....	11
	Anforderungen an den Spektrumanalysator und Realisierung im FSE.....	12
	Hinweise zur Messung.....	14
3	Betrieb von externen Mischern am FSE .....	15
4	Literatur.....	18
5	Bestellinformationen.....	18

### 1 Einführung

Die zunehmenden Anwendungen der drahtlosen Signalübertragung wie zum Beispiel Funkkommunikation oder Abstandsmessung erfordern immer mehr Frequenzen. Da dieser Frequenzbedarf nicht mehr im unteren Frequenzbereich gestillt werden kann, werden zunehmend Frequenzen im mm-Wellen-Bereich genutzt. Neben militärischen Anwendungen wird dieser Frequenzbereich damit auch für die zivile Nutzung erschlossen. Bisher wurde dabei das Hauptaugenmerk auf Frequenzen bis 110 GHz gelegt. Höhere Anforderungen an den Oberwellenabstand (z. B. bei Richtfunksendern) und verschärfte EMV-Richtlinien (z. B. FCC CFR47 Part 15) verschieben diese Frequenzgrenze bis auf 200 GHz.

Der Frequenzbereich über 40 bis 50 GHz wird von Spektrumanalysatoren üblicherweise mit externen Vorsatzmischern abgedeckt, da die im unteren Frequenzbereich übliche Grundwellenmischung unverhältnismäßig aufwendig und teuer ist oder die dazu notwendigen Komponenten wie Preselektoren nicht verfügbar sind.

Die Applikationsschrift beschreibt das Prinzip der Oberwellenmischung sowie die dabei zu beachtenden Punkte.

## 2 Grundlagen

### Hohlleiter

Zur leitungsgebundenen Übertragung von Signalen im mm-Wellenbereich werden aufgrund ihrer geringen Dämpfung und der hohen Reproduzierbarkeit vorzugsweise Hohlleiter verwendet. Im Gegensatz zu Koaxialkabeln ist der Frequenzbereich, in dem ein Hohlleiter verwendet werden kann, auch zu tiefen Frequenzen hin eingeschränkt (Hochpaßverhalten). Unter einer bestimmten Eckfrequenz ist im Hohlleiter keine Wellenausbreitung mehr möglich, d.h., die Dämpfung des Hohlleiters ist sehr hoch. Die obere Grenzfrequenz ist durch die Eindeutigkeit der Wellenausbreitungsform (Mode) im Hohlleiter bestimmt. Bei Überschreitung dieser oberen Grenzfrequenz sind mehrere Moden ausbreitungsfähig, wodurch das Verhalten des Hohlleiters nicht mehr eindeutig ist.

Im eindeutigen Bereich eines Rechteckhohlleiters sind nur  $H_{10}$ -Wellen ausbreitungsfähig. Für die untere Grenzfrequenz  $f_{c,1}$ , ab der solche Wellen ausbreitungsfähig sind, gilt

$$f_{c,1} = \frac{c}{2 \cdot a \cdot \sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{Gl. 2-1})$$

- mit  $f_{c,1}$  untere Grenzfrequenz (in Hz)  
 $c$  Lichtgeschwindigkeit (in m/s)  
 $a$  größere der beiden Kantenlängen des Hohlleiters (in m)  
 $\epsilon_r$  Dielektrizitätskonstante des Mediums im Hohlleiter (=1 für Luft)

Ab einer Grenzfrequenz  $f_{c,2}$  ist neben dieser  $H_{10}$ -Welle auch die sogenannte  $H_{01}$ -Welle ausbreitungsfähig.  $f_{c,2}$  ist somit die obere Grenzfrequenz des eindeutigen Bereichs. Es gilt

$$f_{c,2} = \frac{c}{2 \cdot b \cdot \sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{Gl. 2-2})$$

- mit  $f_{c,2}$  obere Grenzfrequenz (in Hz)  
 $b$  kleinere der beiden Kantenlängen des Hohlleiters (in m)

Üblicherweise wird ein Seitenverhältnis von  $a/b = 2$  gewählt, so daß  $f_{c,2} = 2 \cdot f_{c,1}$  ist.

Wegen der hohen Wellendämpfung in der Nähe der unteren Grenzfrequenz  $f_{c,1}$  sowie aufgrund mechanischer Toleranzen wird in der Praxis ein Übertragungsbereich von

$$1,25 \cdot f_{c,1} \leq f \leq 1,9 \cdot f_{c,1} \quad (\text{Gl. 2-3})$$

gewählt [1]. In international geltenden Normen wie z. B. 153-IEC sind die Maße von Rechteck- und Rundhohlleitern für verschiedene Frequenzbereiche festgelegt. Man bezeichnet diese Frequenzbereiche auch als Hohlleiterbänder. Abhängig von der Norm werden ihnen unterschiedliche Großbuchstaben zugewiesen. In der Tabelle 2-1 sind die Hohlleiterbänder mit den Bezeichnungen der zugehörigen Hohlleiter und der Flansche zusammengestellt.

## Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren

Für die in der Meßtechnik meistens benutzten Rechteckhohlleiter sind Oberwellen-Mischer mit passenden Flanschen erhältlich. Zum Anschluß dieser Mischer an Rundhohlleiter sind entsprechende Übergänge zu verwenden, deren Dämpfung bei der Auswertung der Meßergebnisse berücksichtigt werden muß.

Tabelle 2-1 Hohlleiterbänder und zugehörige Hohlleiter

Band	Frequenz in GHz	Bezeichnungen				Hohlleiter- innenmaße		Bezeichnungen häufig verwendeter Flansche		
		MIL-W-85	EIA	153-IEC	RCSC (britisch)	in mm	in inch	MIL-F- 3922	UG-XXX /U Equivalent (Reference)	Anmerkung
Ka	26,5 - 40,0	3-006	WR-28	R320	WG-22	7,11 x 3,56	0,280 x 0,140	54-003 68-002 67B-005	UG-599 /U - UG-381 /U	quadratisch quadratisch rund
Q	33,0 - 50,0	3-010	WR-22	R400	WG-23	5,69 x 2,84	0,224 x 0,112	67B-006	UG-383 /U	rund
U	40,0 - 60,0	3-014	WR-19	R500	WG-24	4,78 x 2,388	0,188 x 0,094	67B-007	UG-383 /U-M	rund
V	50,0 - 75,0	3-017	WR-15	R620	WG-25	3,759 x 1,879	0,148 x 0,074	67B-008	UG-385 /U	rund
E	60,0 - 90,0	3-020	WR-12	R740	WG-26	3,099 x 1,549	0,122 x 0,061	67B-009	UG-387 /U	rund
W	75,0 - 110,0	3-023	WR-10	R900	WG-27	2,540 x 1,270	0,100 x 0,050	67B-010	UG-383 /U-M	rund
F	90,0 - 140,0	3-026	WR-08	R1200	WG-28	2,032 x 1,016	0,080 x 0,040	67B-M08 / 74-001	UG-383 /U-M	rund Pin-Kontakt
D	110,0 - 170,0	3-029	WR-06	R1400	WG-29	1,651 x 0,826	0,065 x 0,0325	67B-M06 / 74-002	UG-383 /U-M	rund Pin-Kontakt
G	140,0 - 220,0	3-032	WR-05	R1800	WG-30	1,295 x 0,635	0,051 x 0,0255	67B-M05 / 74-003	UG-383 /U-M	rund Pin-Kontakt
Y	170,0 - 260,0		WR-04	R2200	WG-31	1,092 x 0,5461	0,043 x 0,0215	67B-M04 / 74-004	UG-383 /U-M	rund Pin-Kontakt
J	220,0 - 325,0		WR-03	R2600	WG-32	0,8636 x 0,4318	0,034 x 0,017	67B-M03 / 74-005	UG-383 /U-M	rund Pin-Kontakt

### Oberwellenmischung

Bei der Oberwellenmischung wird eine Oberwelle des Lokaloszillators (LO) zur Umsetzung auf eine niedrige Zwischenfrequenz verwendet. Dies hat den Vorteil, daß der Frequenzbereich des Lokaloszillators deutlich niedriger sein kann als bei Grundwellenmischung, bei der die Lokaloszillatorfrequenz immer in der gleichen Größenordnung (bei tiefliegender ZF) oder deutlich höher (bei hochliegender ZF) als das Eingangssignal (RF) sein muß. Mikrowellen-Spektrumanalysatoren verwenden auch im Basisfrequenzbereich Oberwellenmischung - der FSEK zum Beispiel ab 26,5 GHz. Um die Eindeutigkeit der Spektrumanzeige im Grundfrequenzbereich zu gewährleisten, ist am HF-Eingang des Spektrumanalysators eine mitlaufende Vorselektion realisiert. Damit kommen nur Signale auf der gewünschten Frequenz zur Anzeige. Signale auf der Spiegelfrequenz, die vom Mischer nicht unterschieden werden können, unterdrückt die Vorselektion. Eine Vorselektion ist bei externen Oberwellenmischern aufgrund der hohen Frequenzen nicht üblich. Sie wäre sehr teuer und bei extrem hohen Frequenzen auch kaum realisierbar.

Bild 2-1 zeigt den Meßaufbau für Messungen mit Hilfe von externen Oberwellen-Mischern. Dem Mischer wird ein LO-Signal mit hohem Pegel zugeführt. Im Mischer entstehen aufgrund dessen Nichtlinearität Oberwellen, die zur Umsetzung verwendet werden.

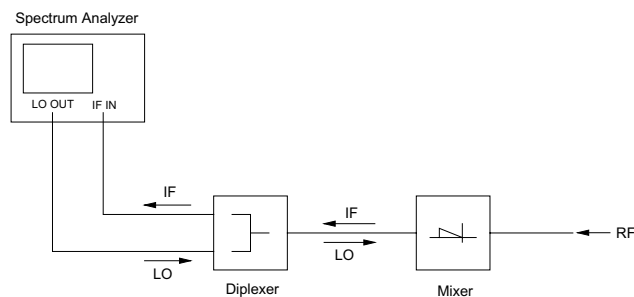


Bild 2-1: Meßaufbau für Verwendung von externen 2-Tor-Mischern.

Das in die ZF-Lage umgesetzte Signal wird von der gleichen Leitung ausgekoppelt, die auch zur Zuführung des LO-Signals verwendet wird. Durch den hohen Frequenzabstand zwischen LO- und ZF-Signal ist eine Trennung mit Hilfe eines einfachen Diplexers möglich. Dieser Diplexer kann im Mischer oder im Spektrumanalysator enthalten, aber auch als eigene Komponente realisiert sein. Mischer mit integriertem Diplexer bezeichnet man auch als 3-Tor-Mischer, Mischer ohne Diplexer als 2-Tor-Mischer. Um die Verwendung beider Arten von Mischern zu ermöglichen, bietet der FSEM bzw. FSEK einen separaten ZF-Eingang sowie einen integrierten Diplexer an.

Im LO-Zweig von Oberwellen-Mischern ist oft ein Tiefpaß enthalten, mit dem Oberwellen des zugeführten LO-Signals unterdrückt werden. Dadurch wird sichergestellt, daß sich die Oberwellen des LO-Signals nicht mit den im Mischer generierten überlagern. Dies kann je nach Phasenlage der Harmonischen zu Auslöschungen führen, was eine erhöhte Umsetzdämpfung oder Einbrüche im Frequenzgang zur Folge hat. Bei der Auswahl von externen Mischern ist daher darauf zu achten, daß die Grenzfrequenz des integrierten Tiefpasses höher ist, als die maximale LO-Frequenz des verwendeten Spektrumanalysators.

Ein an den Eingang des externen Mixers angelegtes HF-Signal und dessen Oberwellen werden mit allen Harmonischen des LO-Signals gemischt.

## Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren

Die Mischprodukte, die dabei in die ZF des Spektrumanalysators fallen, werden am Bildschirm dargestellt. Diese müssen folgendes Kriterium erfüllen:

$$|m \cdot f_{LO} \pm n \cdot f_{RF}| = f_{ZF} \quad (\text{Gl. 2-4})$$

mit  $m, n = 1, 2, \dots$

$f_{LO}$       Frequenz des LO-Signals (in Hz)

$f_{RF}$       Frequenz des Eingangssignals (in Hz)

$f_{ZF}$       Zwischenfrequenz (in Hz)

Beim FSEM und FSEK ist der Lokaloszillator zwischen 7,5 GHz und 15,2 GHz abstimbar. Die Zwischenfrequenz ist 741,4 MHz. Bei einem angenommenen Eingangssignal mit der Frequenz 39 GHz ist das Kriterium nach Gl. 2-4 bei den LO-Frequenzen nach Tabelle 2-2 erfüllt.

Die Variable  $m$  entspricht dabei der Ordnung der Harmonischen des LO-Signals, mit der das Eingangssignal in die ZF-Lage umgesetzt wird. Für jede Harmonische wird das Kriterium zweimal erfüllt. Das Eingangssignal wird dabei einmal als oberes Seitenband (in Regellage) und einmal als unteres Seitenband (in Kehrlage) des Lokaloszillators dargestellt. Bei Komponenten mit  $n \neq 1$  handelt es sich um Harmonische des Eingangssignals, die z. B. im Mischer entstehen. Man erkennt, daß sie nur durch Harmonische des LO-Signals mit einer vergleichsweise hohen Ordnung  $m$  in die gewünschte ZF-Lage umgesetzt werden. Liegt der Pegel des Eingangssignals deutlich unter dem 1-dB-Kompressionspunkt des Mixers, so weisen solche Komponenten einen deutlich niedrigeren Pegel auf, da die Harmonischen des Eingangssignals gegenüber der Grundwelle ausreichend gedämpft sind und darüber hinaus die Umsetzdämpfung des Mixers mit zunehmender Ordnung  $m$  ansteigt. In der Tabelle 2-2 sind daher nur Empfangsstellen für  $n \leq 4$  aufgeführt. Komponenten mit höherem  $m$  und  $n$  sind zwar theoretisch vorhanden, wegen ihres geringen Pegels jedoch zu vernachlässigen.

Tabelle 2-2: LO-Frequenzen, für die das Kriterium nach Gl. 2-4 erfüllt wird ( $f_{ZF} = 741,4$  MHz,  $n \leq 4$ ,  $m \leq 12$ )

$m$	$n$	$f_{LO} / \text{GHz}$	$m$	$n$	$f_{LO} / \text{GHz}$	$m$	$n$	$f_{LO} / \text{GHz}$
3	1	12,7529	8	2	9,6573	10	3	11,6259
3	1	13,2471	8	2	9,8427	10	3	11,7741
4	1	9,5647	8	3	14,5323	11	3	10,5690
4	1	9,9354	8	3	14,7177	11	3	10,7038
5	1	7,6517	9	2	8,5843	11	4	14,1144
5	1	7,9483	9	2	8,7490	11	4	14,2492
6	2	12,8764	9	3	12,9176	12	3	9,6882
6	2	13,1236	9	3	13,0824	12	3	9,8118
7	2	11,0369	10	2	7,7259	...	...	
7	2	11,2488	10	2	7,8741			

An Spektrumanalysatoren wird das aufgenommene Spektrum jedoch nicht über der LO-Frequenz, sondern über der Eingangsfrequenz aufgetragen. Vom Benutzer ist hierzu am Spektrumanalysator die Ordnung  $m'$  der Harmonischen, mit der Eingangssignale umgesetzt werden sollen, einzugeben. Sollen Signale im unteren Seitenband frequenzrichtig bei  $f_{RF}'$  dargestellt werden, so ergibt sich aus Gl. 2-4 folgende Abbildungsvorschrift

$$f_{RF}' = m' \cdot f_{LO} - f_{ZF} \quad (\text{Gl. 2-5})$$

mit  $m'$       vom Benutzer eingestellte Harmonische

$f_{RF}'$       Frequenz, an der eine spektrale Komponente am Spektrumanalysator abgebildet wird (in Hz).

## Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren

Aus Gl. 2-4 ergibt sich für die LO-Frequenz  $f_{LO}$  die zur Umsetzung eines Signals im unteren Seitenband notwendig ist

$$f_{LO} = \frac{f_{ZF} + n \cdot f_{RF}}{m} \quad (\text{Gl. 2-6})$$

Setzt man Gl. 2-6 in Gl. 2-5 ein so erhält man für  $f_{RF}'$

$$f_{RF}' = m' \cdot \frac{f_{ZF} + n \cdot f_{RF}}{m} - f_{ZF} \quad (\text{Gl. 2-7})$$

Für Komponenten die mit einer Harmonischen der Ordnung  $m = m'$  als unteres Seitenband umgesetzt werden gilt

$$f_{RF}' = n \cdot f_{RF} \quad (\text{Gl. 2-8})$$

sie werden somit frequenzrichtig dargestellt. Für die Spiegelempfangsstellen gilt dementsprechend

$$f_{LO} = \frac{n \cdot f_{RF} - f_{ZF}}{m} \quad (\text{Gl. 2-9})$$

und

$$f_{RF}' = m' \cdot \frac{n \cdot f_{RF} - f_{ZF}}{m} - f_{ZF} \quad (\text{Gl. 2-10})$$

Für  $m = m'$  erhält man somit

$$f_{RF}' = n \cdot f_{RF} - 2 \cdot f_{ZF} \quad (\text{Gl. 2-11})$$

Wird für  $m = 3$  gewählt, so enthält das am Spektrumanalysator dargestellte Spektrum Komponenten bei den in Tabelle 2-3 aufgeführten Frequenzen (siehe auch Bild 2-2 nächste Seite). Komponenten, die innerhalb des entsprechenden Hohlleiterbands (hier Ka-Band) liegen sind grau hinterlegt.

Tabelle 2-3: Abbildung der Komponenten für  $m' = 3$  (unteres Seitenband,  $f_{ZF} = 741,4$  MHz); sinusförmiges Eingangssignal mit  $f_{RF} = 39$  GHz

$m$	$n$	$f_{LO} / \text{GHz}$	$f_{RF}' / \text{GHz}$	$m$	$n$	$f_{LO} / \text{GHz}$	$f_{RF}' / \text{GHz}$	$m$	$n$	$f_{LO} / \text{GHz}$	$f_{RF}' / \text{GHz}$
3	1	12,7529	37,5172	8	2	9,6573	28,2306	10	3	11,6259	34,1362
3	1	13,2471	39,0000	8	2	9,8427	28,7866	10	3	11,7741	34,5810
4	1	9,5647	27,9526	8	3	14,5323	42,8556	11	3	10,5690	30,9655
4	1	9,9354	29,0647	8	3	14,7177	43,4116	11	3	10,7038	31,3699
5	1	7,6517	22,2138	9	2	8,5843	25,0115	11	4	14,1144	41,6019
5	1	7,9483	23,1034	9	2	8,7490	25,5057	11	4	14,2492	42,0063
6	2	12,8764	37,8879	9	3	12,9176	38,0115	12	3	9,6882	28,3233
6	2	13,1236	38,6293	9	3	13,0824	38,5057	12	3	9,8118	28,6940
7	2	11,0369	32,3694	10	2	7,7259	22,4362	...	...		
7	2	11,2488	33,0049	10	2	7,8741	22,8810				

Das mit der 3. Harmonischen des LO-Signals umgesetzte Eingangssignal wird frequenzrichtig bei  $f_{RF}' = 39$  GHz dargestellt. Darunter wird im Abstand von  $2 \cdot f_{ZF} = 1,4828$  GHz das Spiegelsignal abgebildet (vgl. auch Gl. 2-11).

## Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren

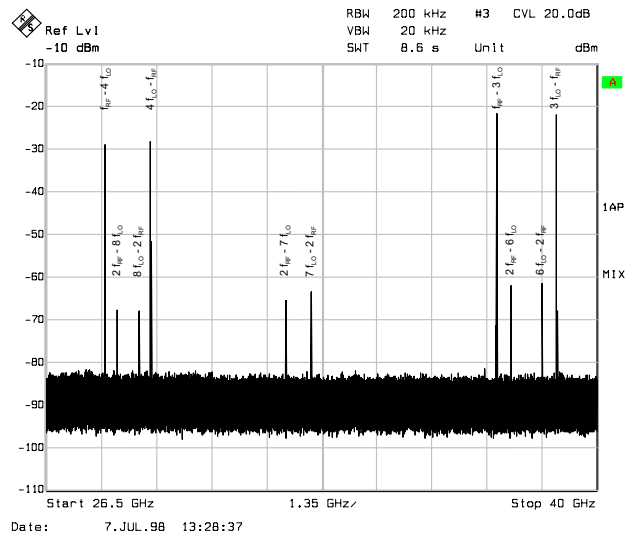


Bild 2-2: Spektrum eines 39-GHz-CW-Signals aufgenommen mit einem Oberwellen-Mischer.

Dieses Beispiel verdeutlicht, daß bereits ein einfaches Sinussignal zu sehr vielen Komponenten im dargestellten Spektrum führt. Enthält bereits das Eingangssignal mehrere spektrale Komponenten, so entstehen im Mischer neben Oberwellen gegebenenfalls auch Intermodulationsprodukte, die wiederum in die ZF-Lage umgesetzt werden. Besteht das Eingangssignal aus zwei sinusförmigen Trägern, so gilt:

$$\left| m \cdot f_{LO} \pm \left| n \cdot f_{RF,1} \pm k \cdot f_{RF,2} \right| \right| = f_{ZF} \quad (\text{Gl. 2-12})$$

mit  $k, n$   $0, 1, 2, \dots$

$m$   $1, 2, \dots$

$f_{LO}$  Frequenz des LO-Signals (in Hz)

$f_{RF,1}, f_{RF,2}$  Frequenzen der Eingangssignale (in Hz)

$f_{ZF}$  Zwischenfrequenz (in Hz)

Die Anzahl der Komponenten nimmt dadurch erheblich zu. Es ist daher günstig, den Hochpaßcharakter von Hohlleitern zur Unterdrückung von unerwünschten Eingangssignalen auszunutzen.

### Signalidentifizierung

Im vorherigen Beispiel war die Art des Eingangssignals bekannt, die Unterscheidung des „echten“ angezeigten Signals von unerwünschten Mischprodukten aufgrund von Spiegelempfang und Mischung durch andere Harmonische ist daher einfach.

Oft ist das zu messende Spektrum jedoch nicht bekannt, d.h., es müssen Kriterien gefunden werden, um unerwünschte Mischprodukte von spektralen Komponenten, die tatsächlich Bestandteil des Eingangssignals sind, unterscheiden zu können. Wie aus Gl. 2-10 zu ersehen ist, existieren für jedes Mischprodukt Spiegelempfangsstellen, die um  $f_{ZF} \cdot (m/m+1)$  unterhalb des jeweiligen Mischprodukts in Erscheinung treten. Für  $m = m'$  ist dieser Abstand exakt  $2 \cdot f_{ZF}$  (Gl. 2-11). Dies gilt auch für Harmonische des Eingangssignals, also für  $n \neq 1$ . Da die Frequenzbereiche der standardisierten Hohlleiterbänder jedoch deutlich kleiner als eine Oktave sind, treten diese Mischprodukte auch bei Darstellung des gesamten Bandes nicht in Erscheinung.



## Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren

Basierend auf diesem Kriterium läßt sich folgender Algorithmus realisieren: Neben dem eigentlichen Meß-Sweep, in dem das untere Seitenband als „erwünscht“ definiert ist, wird zusätzlich ein Referenz-Sweep durchgeführt. Bei diesem Referenz-Sweep wird die Frequenz des LO-Signals so abgestimmt, daß die vom Benutzer gewählte Harmonische des LO-Signals (Ordnung  $m'$ ) gegenüber dem Meß-Sweep um  $2 \cdot f_{ZF}$  nach unten versetzt ist (siehe Bild 2-3).

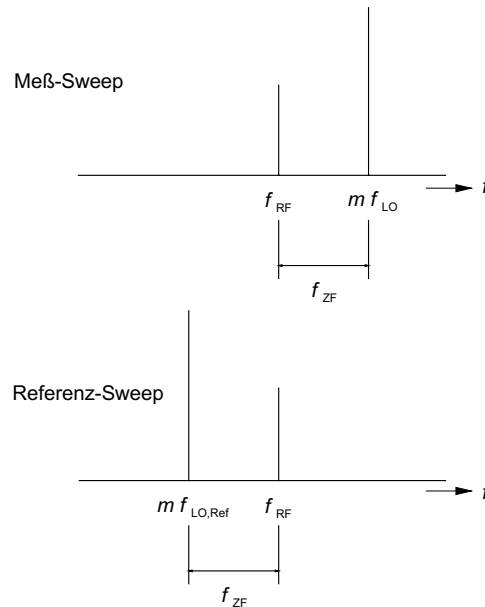


Bild 2-3: Signalidentifizierung mit Hilfe eines Referenz-Sweeps

Für diesen Referenz-Sweep wird das obere Seitenband als „erwünscht“ definiert, Gl. 2-5 wird somit zu

$$f_{RF,Ref}' = m' \cdot f_{LO,Ref} + f_{ZF} \quad (\text{Gl. 2-13})$$

mit  $f_{RF,Ref}'$  Frequenz, an der eine spektrale Komponente im Referenz-Sweep abgebildet wird (in Hz)

$f_{LO,Ref}$  LO-Frequenz im Referenz-Sweep (in Hz)

Dementsprechend wird Gl. 2-6 zu

$$f_{LO,Ref} = \frac{n \cdot f_{RF} - f_{ZF}}{m} \quad (\text{Gl. 2-14})$$

Durch einsetzen von Gl. 2-14 in Gl. 2-13 erhält man wiederum

$$f_{RF,Ref}' = m' \cdot \frac{n \cdot f_{RF} - f_{ZF}}{m} + f_{ZF} \quad (\text{Gl. 2-15})$$

Für Spiegelempfangsstellen gilt

$$f_{LO,Ref} = \frac{n \cdot f_{RF} + f_{ZF}}{m} \quad (\text{Gl. 2-16})$$

und somit

$$f_{RF,Ref}' = m' \cdot \frac{n \cdot f_{RF} + f_{ZF}}{m} + f_{ZF} \quad (\text{Gl. 2-17})$$

Setzt man in Gl. 2-17  $m' = m$ , so erkennt man, daß Spiegelempfangsstellen im Gegensatz zum Meß-Sweep um  $2 \cdot f_{ZF}$  oberhalb des tatsächlichen Eingangssignals abgebildet werden (vgl. Gl. 2-8). Es

## Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren

können somit Spiegelempfangsstellen und andere unerwünschte Mischprodukte als solche erkannt werden (siehe Bild 2-4).

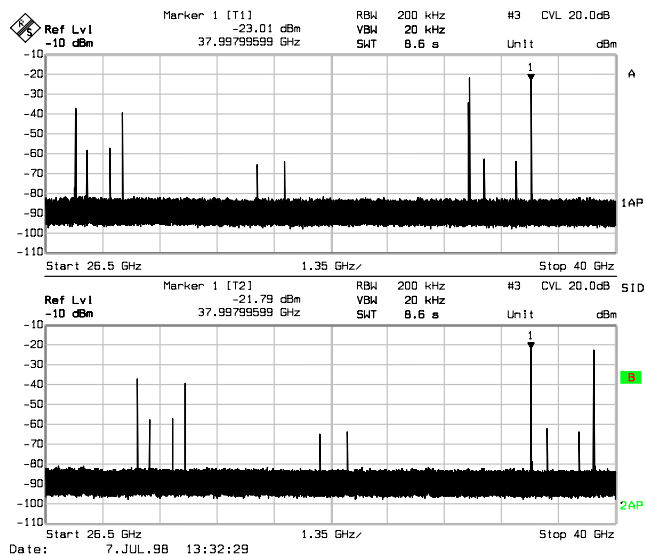


Bild 2-4: Meß-Sweep (oben) und Referenz-Sweep (unten).  
Eingangssignal mit  $f_{RF} = 38 \text{ GHz}$

Ein „echtes“ Signal soll in Meß- und Referenz-Sweep an der gleichen Stelle zur Anzeige gebracht werden, d.h.  $f_{RF}' = f_{RF,Ref}'$ . Ist  $m'$  in beiden Sweeps gleich, so ergibt sich daraus für die einzustellende LO-Frequenz  $f_{LO,Ref}$  im Referenz-Sweep

$$f_{LO,Ref} = f_{LO} - \frac{2 \cdot f_{ZF}}{m'} \quad (\text{Gl. 2-18})$$

Neben dieser Methode zur Signalidentifizierung durch Variation der LO-Frequenz besteht auch die Möglichkeit durch Verändern des Pegels des Eingangssignals dargestellte Komponenten zu identifizieren:

Variiert man den Pegel des Eingangssignals um  $\Delta L$  / dB, so verändert sich der Pegel von dargestellten, „echten“ Komponenten im gleichen Maße. Die Pegel von Intermodulationsprodukten und Oberwellen, die im Mischer entstehen, verändern sich hingegen gemäß ihrer Ordnung  $n$ , d.h., eine Veränderung des Eingangspegels um 1 dB führt zu einer Pegeländerung von  $n$  dB. Dies setzt voraus, daß diese Intermodulationsprodukte und Oberwellen ausschließlich im Mischer entstehen. Es ist daher darauf zu achten, daß das Eingangssignal stets frei von solchen Produkten ist. Ferner ist auch sicherzustellen, daß der ZF-Eingang des Spektrumanalysators nicht übersteuert wird.

Da eine Variation des Eingangspegels nur durch den Benutzer möglich ist, eignet sich dieses Verfahren im Gegensatz zur Signalidentifizierung durch Variation der LO-Frequenz nicht zur Implementierung in einem Spektrumanalysator.

### Leistungsmerkmale von Mischern

Bei Oberwellen-Mischern unterscheidet man zwischen Ein- und Zwei-Dioden-Mischern. Bei den meisten am Markt erhältlichen Mischern handelt es sich um Ein-Dioden-Mischer, da diese einfacher zu realisieren sind. Diese Mischer arbeiten prinzipiell sowohl mit geraden als auch ungeraden Harmonischen des LO-Signals.

Nachteil dieses Konzepts ist das benötigte Biasing. Dem Mischer wird hierzu über die LO-Leitung auch eine Gleichspannung zugeführt. Diese Gleichspannung ist frequenzabhängig auf minimale Umsetzdämpfung des Mixers abzugleichen, wodurch automatische Messungen bei verschiedenen Frequenzen erschwert werden.

Die aufwendigeren Zwei-Dioden-Mischer benötigen kein Biasing, man spricht daher auch von Zero-Bias-Mischern. Um minimale Umsetzdämpfung zu erreichen sind diese Mischer üblicherweise auf geradzahlig Harmonischen zu betreiben.

Bei der Auswahl von Mischern sind auch Merkmale wie

- benötigte, sowie maximal zulässige LO-Leistung,
- zulässiger LO-Frequenzbereich,
- Umsetzdämpfung,
- Frequenzgang der Umsetzdämpfung innerhalb kleiner Frequenzabschnitte,
- Ordnung der Harmonischen, für die die angegebene Umsetzdämpfung gilt,
- Abhängigkeit der Umsetzdämpfung vom LO-Pegel,
- zulässige Zwischenfrequenz

zu beachten. Üblicherweise wird neben dem optimalen LO-Pegel, bei dem minimale Umsetzdämpfung erzielt wird, zusätzlich die maximale LO-Leistung spezifiziert, mit der der Mischer verwendet werden kann ohne Schaden zu nehmen. Aufgrund des im Abschnitt „Oberwellenmischung“ beschriebenen Tiefpasses im LO-Zweig des Mixers ist auf den nutzbaren LO-Frequenzbereich zu achten. Ist im Mischer bereits ein Diplexer enthalten, so ist zusätzlich sicherzustellen, daß die Zwischenfrequenz des Spektrumanalysators innerhalb der Bandbreite des ZF-Tors des Mixers liegt.

Neben einer möglichst geringen Umsetzdämpfung für hohe Empfindlichkeit ist für einen geringen Pegelfehler ein kontinuierlicher Frequenzgang wichtig. Schmalbandige Einbrüche oder Sprünge im Frequenzgang können nur schwer in der Pegelkorrektur am Spektrumanalysator berücksichtigt werden.

Die angegebene Umsetzdämpfung gilt nur für eine bestimmte Ordnung der Harmonischen. Wird am Spektrumanalysator eine andere Harmonische gewählt, so führt eine Pegelkorrektur mit den mitgelieferten Werten der frequenzabhängigen Umsetzdämpfung zu falschen Meßergebnissen. Um möglichst reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten sollte die Abhängigkeit der Umsetzdämpfung vom LO-Pegel möglichst gering sein.

### Anforderungen an den Spektrumanalysator und Realisierung im FSE

#### Ordnung der LO-Harmonischen

Um eine geringe Umsetzdämpfung des externen Mischers zu erreichen sollte die Ordnung der Harmonischen, mit der Eingangssignale umgesetzt werden sollen, möglichst niedrig sein. Dies erfordert, daß der Frequenzbereich des Lokaloszillators möglichst hoch ist. Mit einem Frequenzbereich des Lokaloszillators von 7,5 bis 15,2 GHz bieten die Spektrumanalysatoren FSEM und FSEK dazu gute Voraussetzungen.

Ein hoher LO-Frequenzbereich und die damit verbundene niedrige Ordnung  $m'$  ist auch bei Phasenrauschmessungen an Mikrowellensignalen von Vorteil.

Durch die Vervielfachung erhöht sich auch das Phasenrauschen um den Vervielfachungsfaktor. Für eine Harmonische der Ordnung  $m'$  ergibt sich das SSB-Phasenrauschen zu [2]

$$L_{\text{PN}m'}(f_{\text{off}}) = L_{\text{LO}}(f_{\text{off}}) + 20 \lg(m') \text{dB} \quad (\text{Gl. 2-19})$$

mit  $L_{\text{PN}m'}(f_{\text{off}})$  Einseitenband-Phasenrauschen der Harmonischen der Ordnung  $m'$  bei einem Trägerabstand  $f_{\text{off}}$  (in dBc(Hz))

$L_{\text{LO}}(f_{\text{off}})$  Einseitenband Phasenrauschen des LO-Signals bei einem Trägerabstand  $f_{\text{off}}$  (in dBc(Hz)).

Im Bild 2-5 ist das typische Einseitenband-Phasenrauschen des Lokaloszillators des FSE dargestellt.

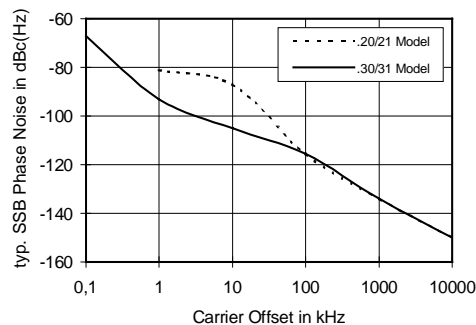


Bild 2-5: Typisches Einseitenband-Phasenrauschen des Lokaloszillators des FSEM / FSEK

Das Gesamtrauschmaß des Systems bestehend aus Spektrumanalysator und externem Mischer setzt sich zusammen aus dem Rauschmaß am ZF-Eingang des Spektrumanalysators plus der Umsetzdämpfung des Mischers und zusätzlich dem Durchschlag des Seitenbandrauschens des Lokaloszillators auf der Zwischenfrequenz. Als Maß für die Empfindlichkeit wird üblicherweise der **Displayed Average Noise Level** ( $L_{\text{DAN}}$ ), also der angezeigte mittlere Rauschpegel bei einer bestimmten ZF-Bandbreite spezifiziert. Es gilt:

$$L_{\text{DAN}} = -174 \text{ dBm(Hz)} + a_{\text{CVL}} + NF_{\text{SA}} + (10 \cdot \lg \frac{B_{\text{ZF}}}{\text{Hz}}) \text{dB} - 2,5 \text{ dB} \quad (\text{Gl. 2-20})$$

mit  $L_{\text{DAN}}$  Displayed Average Noise Level (in dBm)

$a_{\text{CVL}}$  Umsetzdämpfung des externen Mischers (in dB)

$NF_{\text{SA}}$  Rauschmaß des Analysators am ZF-Eingangs (in dB)

$B_{\text{ZF}}$  Rauschbandbreite des ZF-Filters (in Hz).

## Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren

Der Wert -174 dBm entspricht der Rauschleistung in 1 Hz Bandbreite eines 50- $\Omega$ -Widerstands bei einer Umgebungstemperatur von 290 K. Der Korrekturwert 2,5 dB ist aufgrund der Mittelung im logarithmischen Pegeldarstellungsbereich notwendig.

FSEM bzw. FSEK haben an den ZF-Eingängen ein Rauschmaß von typisch 7,5 dB.

Einflüsse des breitbandigen Rauschens des Lokaloszillators sind in Gl. 2-20 nicht berücksichtigt. Die Empfindlichkeit kann dadurch zusätzlich verringert werden. Bei offenem ZF-Eingang und Auswahl des 2-Tor-Mischers zeigt der FSEM oder FSEK um etwa 3 dB höheres Rauschen an als bei 3-Tor-Mischern.

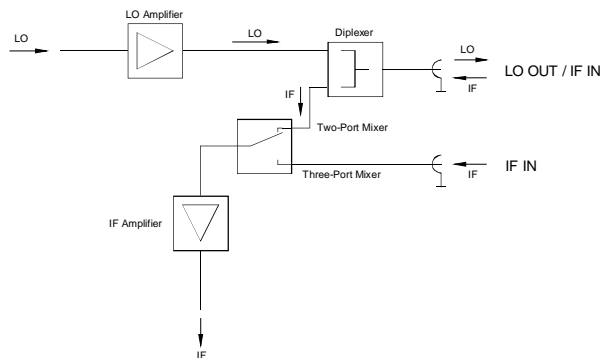


Bild 2-6: LO-Verstärker und Diplexer im FSEM

Breitbandiges Rauschen am Ausgang des LO-Verstärkers wird bei Auswahl von 2-Tor-Mischern im Diplexer direkt auf den ZF-Pfad eingespeist und führt zu der oben beschriebenen erhöhten Rauschanzeige (s. Bild 2-6).

### Zwischenfrequenz

Je höher die Zwischenfrequenz des Spektrumanalysators ist, desto größer ist auch der Abstand, in dem die Spiegelemfangsstelle auf der Frequenzachse abgebildet wird (vgl. Gl. 2-11). Mischprodukte, die durch die Umsetzung der Grundwelle des Eingangssignals ( $n = 1$  in Gl. 2-4) durch Harmonische des LO-Signals entstehen, weisen einen deutlich höheren Pegel als andere Mischprodukte auf. Sie sind daher relativ leicht zu erkennen.

Bei einem einzigen modulierten oder unmodulierten Eingangssignal ergibt sich bei der Abbildung auf die Frequenzachse um dieses Signal ein quasi-eindeutiger Bereich von  $2 \cdot f_{ZF}$ , in dem keine Signalidentifizierung notwendig ist. Aufgrund der hohen ZF von 741,4 MHz ist der eindeutige Bereich beim FSEM und FSEK 1,4828 GHz. Dies ist für viele Messungen ausreichend, um ohne zusätzliche Maßnahmen das Signalspektrum eindeutig zu messen.

### Lokaloszillator-Pegel

Der Pegel des LO-Signals muß hinreichend hoch sein, so daß die einwandfreie Funktion des Mischers auch bei Verwendung eines verlustbehafteten Kabels zur Zuführung des LO-Signals zum Mischer gegeben ist. Der Frequenzgang des LO-Pegels sollte möglichst gering sein.

Bei Verwendung von 2-Tor-Mischern ist ein Diplexer im Spektrumanalysator vorteilhaft. Die Verwendung eines externen Diplexers sowie die damit notwendige Berücksichtigung der Einfügedämpfung bei der Pegelmessung entfallen dadurch.

## **Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren**

Der FSEM bzw. FSEK verfügt neben einem internen Diplexer auch über eine zusätzliche Buchse zur Zuführung von ZF-Signalen (Buchse „IF IN“ in Bild 2-6). Damit können wahlweise 2-Tor- oder 3-Tor-Mischer ohne zusätzliche externe Komponenten verwendet werden.

### **Verfahren zur Signalidentifizierung**

Neben den Hardware-Anforderungen sind auch Verfahren zur Signalidentifizierung wichtig für eine unkomplizierte Verwendung von Oberwellen-Mischern. Im FSEM bzw. FSEK ist das im Abschnitt „Signalidentifizierung“ beschriebene Verfahren implementiert. Neben dem „manuellen“ Vergleich durch den Benutzer können Meß- und Referenz-Sweep auch automatisch verglichen werden. Im angezeigten Spektrum sind unerwünschte Mischprodukte ausgeblendet. Dadurch ist eine schnelle, fortlaufende Signalidentifizierung möglich.

### **Hinweise zur Messung**

Um möglichst genaue und reproduzierbare Meßergebnisse zu erhalten, sind folgende Punkte zu beachten:

- Zur Zuführung des LO-Signals zum Mischer ist ein dämpfungsarmes Kabel mit geringem Frequenzgang zu verwenden. Normalerweise wird die Umsetzdämpfung eines Mixers für einen bestimmten LO-Pegel angegeben. Für eine hohe Genauigkeit ist es daher wichtig, diesen Pegel am LO-Tor des Mixers einzuhalten.
- Bei der Pegelkorrektur am Spektrumanalysator ist auch die Einfügungsdämpfung des zum Abgriff des ZF-Signals verwendeten Kabels zu berücksichtigen.
- Wird ein externer Diplexer zum Anschluß von 2-Tor-Mischern verwendet, so ist die Einfügungsdämpfung des ZF-Pfads des Diplexers bei der Pegelkorrektur am Spektrumanalysator zu berücksichtigen.

Die Rückflußdämpfung von Oberwellen-Mischern ist oft gering (typ. VSWR > 2,5:1). Weist das Meßobjekt ebenfalls eine schlechte Ausgangsanpassung auf, so kann die tatsächliche Umsetzdämpfung von den angegebenen Werten deutlich abweichen. Zur Erhöhung der Meßgenauigkeit ist daher die Verwendung eines Dämpfungsglieds oder Isolators zwischen Mischer und Meßobjekt hilfreich. Die Einfügungsdämpfung dieser Komponenten verringert jedoch die Empfindlichkeit der Anordnung aus Spektrumanalysator und Mischer. Zusätzlich ist die Einfügungsdämpfung bei der Pegelkorrektur am Spektrumanalysator zu berücksichtigen.

### 3 Betrieb von externen Mixern am FSE

Der Betrieb von externen Mixern am FSE soll anhand folgenden Beispiels erläutert werden:

Am Eingang eines Vervielfachers wird ein sinusförmiges Signal mit  $f = 14,5$  GHz angelegt. Das Spektrum am Ausgang des Vervielfachers soll im Bereich von 52 bis 60 GHz mit Hilfe des FSE und einem 2-Tor-Mischer für das V-Band aufgenommen werden. Es handelt sich dabei um einen Zwei-Dioden-Mischer. Die frequenzabhängige Umsetzdämpfung dieses Mixers ist bereits in einer Datei auf der Festplatte des FSE abgelegt (Dateiname „EXTMIX\_V“).

Der Mischer ist zunächst an den Hohlleiterausgang der Signalquelle anzuschließen. Das LO/ZF-Tor ist mit Hilfe eines dämpfungsarmen Koaxialkabels mit der Buchse „LO OUT / IF IN“ des FSE zu verbinden.

Nach aktivieren der externen Mischung durch

➤ [ **INPUT : EXTERNAL MIXER** ] (1)

ist die Betriebsart **BAND LOCK ON** mit Hilfe des entsprechenden Umschalters zu aktivieren:

➤ [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : BAND LOCK ON / OFF** ]. (2)

Mit

➤ [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND** ] (3)

erreicht man eine Tabelle, die Parameter für die einzelnen Hohlleiterbänder enthält. Aus dieser Tabelle ist das gewünschte Band, hier Band V, auszuwählen.

➤ [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND** ] (4)  
Auswahl des Bandes mit Cursor-Tasten und ENTER

Nach Auswahl des Bandes ist die frequenzabhängige Umsetzdämpfung zu aktivieren. Hierzu ist die Datei, welche die Umsetzdämpfung des verwendeten Mixers enthält, auszuwählen.

➤ [ **INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE** ] (5)  
Auswahl der Datei „EXTMIX\_V“ mit Cursortasten und ENTER

Die Datei enthält bereits alle erforderlichen Parameter, so daß keine weiteren Einstellungen mehr notwendig sind. Die getroffene Auswahl der Datei bleibt für das selektierte Band gespeichert. Wird zu einem späteren Zeitpunkt wieder dieser Mischer für Messungen verwendet, so sind lediglich die Schritte 1 bis 4 auszuführen.

Nach Verlassen der Auswahltabelle mit der Taste  $\uparrow$  (Menu-Up) wird automatisch ein Span eingestellt, mit dem das gesamte V-Band, also 50 bis 75 GHz, abgedeckt wird. Der zu untersuchende Frequenzbereich ist mit

➤ [ **FREQUENCY START : 52 GHz** ]

und

➤ [ **FREQUENCY STOP : 60 GHz** ]

einzustellen. Um später eine sichere Signalidentifizierung mit Hilfe der Funktion **AUTO ID** zu ermöglichen, ist die Videobandbreite mit

➤ [ **SWEEP COUPLING : VIDEO BW MANUAL : 1 MHz** ]

zu verringern. Man erhält das im Bild 3-1 dargestellte Spektrum.

## Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren

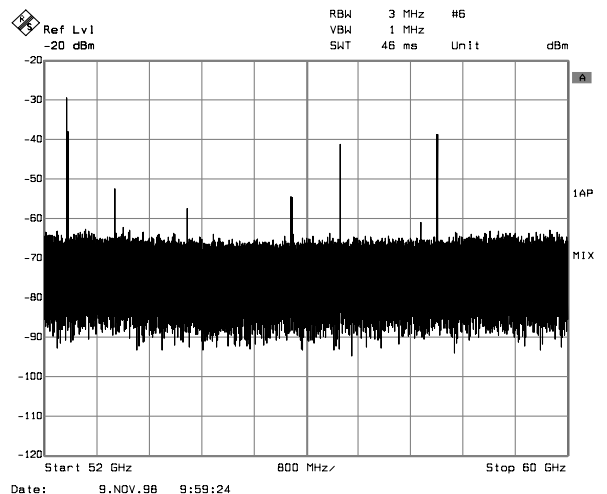


Bild 3-1: Spektrum am Ausgang des Vervielfachers aufgenommen mit Hilfe eines externen Mischers

Um das echte Eingangssignal identifizieren zu können wird die Funktion AUTO ID aktiviert.

➤ [ INPUT : EXTERNAL MIXER : SIGNAL ID : AUTO ID ]

AUTO ID arbeitet nach dem in Abschnitt 2.3 beschriebenen Prinzip. Neben dem eigentlichen Meß-Sweep wird ein Referenz-Sweep durchgeführt, in dem die LO-Frequenz gemäß Gl. 2-18 nach unten versetzt ist. Die in beiden Sweeps aufgenommenen Spektren werden miteinander automatisch verglichen und das Ergebnis zur Anzeige gebracht. Unerwünschte Mischprodukte sind in der angezeigten Meßkurve ausgeblendet. Man erhält die in Bild 3-2 dargestellte Anzeige.

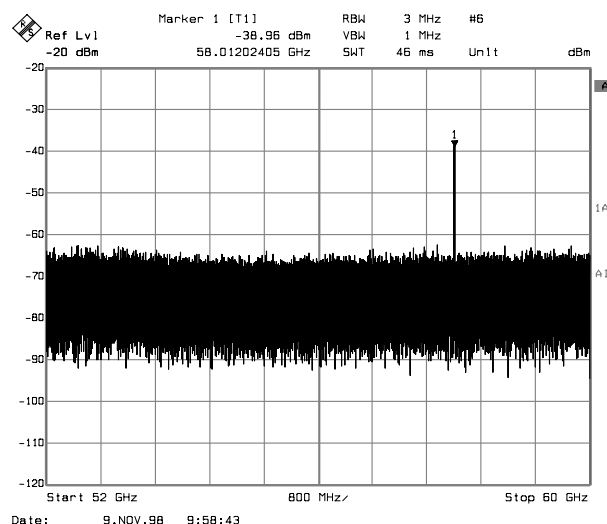


Bild 3-2: Ausgangsspektrum des Vervielfachers aufgenommen mit Hilfe eines externen Mischers und AUTO ID

Da im Referenz-Sweep die LO-Frequenz nach unten versetzt ist, kann die Umsetzdämpfung des Mischers in Meß- und Referenz-Sweep unterschiedlich sein. Gründe hierfür sind die über der Frequenz variierende LO-Ausgangsleistung des Spektrumanalysators sowie nicht-ideale Eigenschaften des Mischers. Beim Vergleich der Signalpegel in Meß- und Referenz-Sweep muß daher eine gewisse Toleranz zugelassen werden, die mit

➤ [ INPUT : EXTERNAL MIXER : SIGNAL ID : AUTO ID THRESHOLD : {Wert} dB ]



## **Frequenzbereichserweiterung von Spektrumanalysatoren**

vom Benutzer einzustellen ist. Diese Toleranz muß mindestens so groß wie der Unterschied der Umsetzdämpfung in Meß- und Referenz-Sweep sein, da andernfalls echte Eingangssignale unter Umständen nicht pegelrichtig dargestellt werden. In obigem Beispiel wurde die Toleranz auf 5 dB gesetzt.

Die Umsetzdämpfung des Mischers ist bei der Anzeige bereits berücksichtigt. Lediglich die Einfügedämpfung  $a_0$  @ 741,4 MHz des zum Abgriff des ZF-Signals verwendeten Kabels ist bei der Ermittlung des Signalpegels zu berücksichtigen. Der tatsächliche Pegel des Eingangssignals ist um  $a_0$  höher.

### 4 Literatur

- [1] Janssen, W.: Hohlleiter und Streifenleiter. Dr. Alfred Hüthig Verlag Heidelberg, 1977
- [2] Engelson, M.: Sideband noise measurement using the spectrum analyzer. Application note 26W-7047, Tektronix

### 5 Bestellinformationen

#### Spektrumanalysator

FSEM 20	(9 kHz .. 26.5 GHz)	1080.1505.20
FSEM 21	(9 kHz .. 26.5 GHz, mit Ausgang für externe Mischer)	1080.1505.21
FSEM 30	(20 Hz .. 26.5 GHz)	1079.8500.30
FSEM 31	(20 Hz .. 26.5 GHz, mit Ausgang für externe Mischer)	1079.8500.31
FSEK 20	(9 kHz .. 40 GHz)	1088.1491.20
FSEK 21	(9 kHz .. 40 GHz, mit Ausgang für externe Mischer)	1088.1491.21
FSEK 30	(20 Hz .. 40 GHz)	1088.3494.30
FSEK 31	(20 Hz .. 40 GHz, mit Ausgang für externe Mischer)	1088.3494.31

#### Notwendiges Zubehör für FSEM / FSEK, Modelle 20 / 30:

FSE-B21	(Ausgang für externe Mischer)	1084.7243.02
---------	-------------------------------	--------------



ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG · Mühlhofstraße 15 · D-81671 München  
Postfach 80 14 69 · D-81614 München · Tel (089) 4129 -0 · Fax (089) 4129 - 3777 · Internet: <http://www.rsd.de>