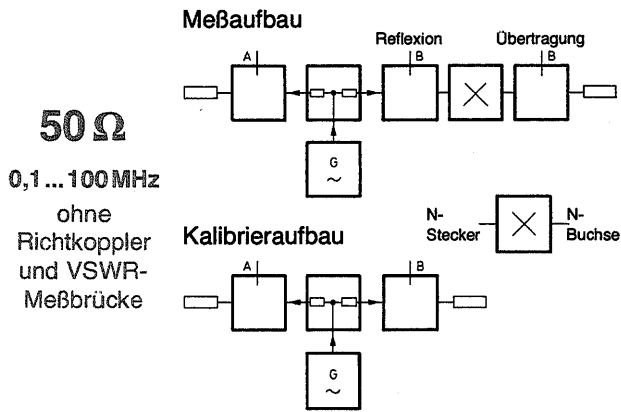


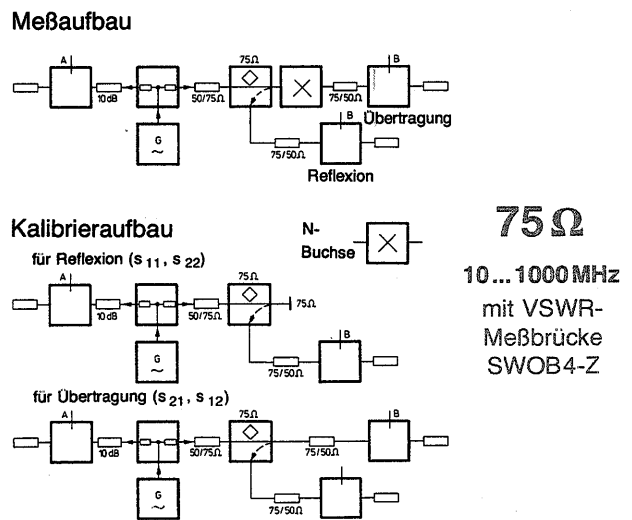
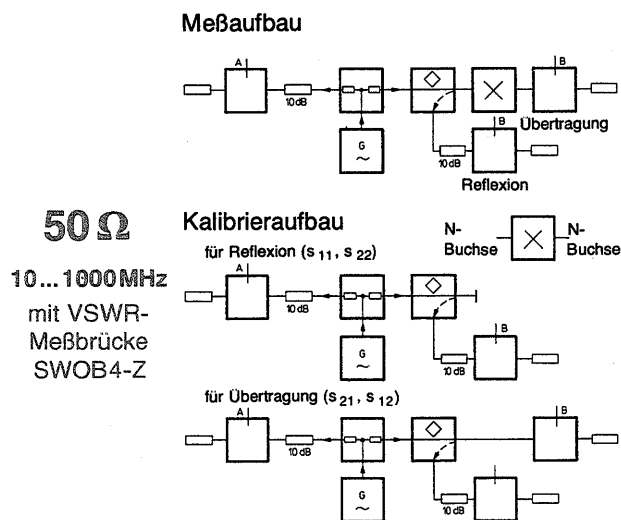
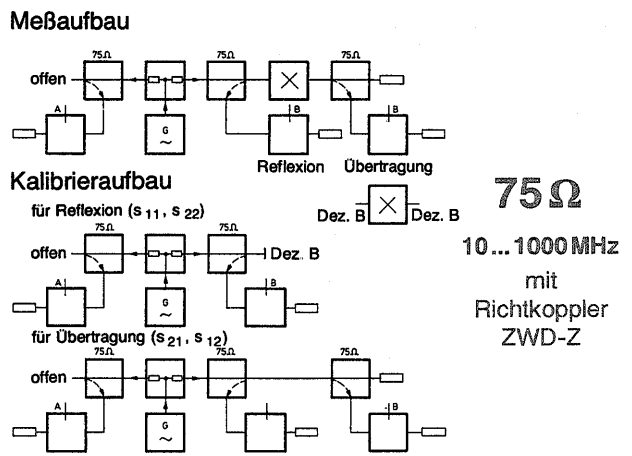
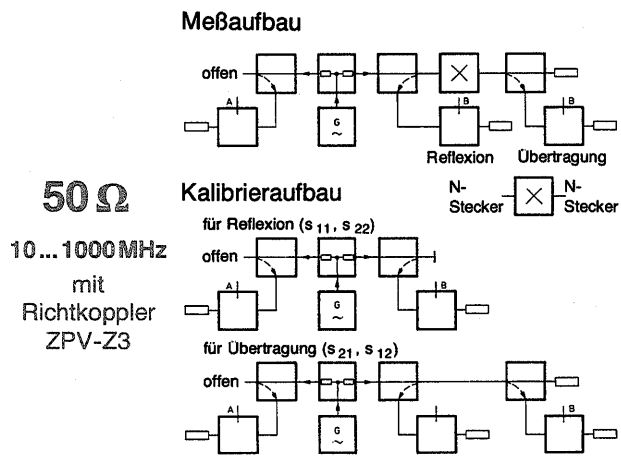
MESS- UND KALIBRIERAUFBAU



Mit Vector Analyzer ZPV und Tuner ZPV-E2 oder Vektorvoltmeter ZPU (0,1 ... 1000 MHz)



75 Ω
nicht möglich, da ZPV 50 Ω



MESS- UND KALIBRIERAUFBAU

Reflexions- und Übertragungsmessung



Mit Vector Analyzer ZPV und Tuner ZPV-E3 (0,3 ... 2000 MHz)

50 Ω

0,3...2000MHz
T-Meßverfahren
ohne
Richtkoppler
und
VSWR-Meßbrücke

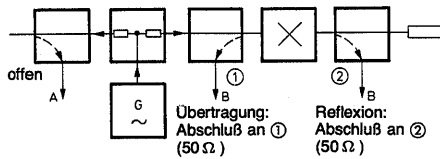
Kombinierter Meßaufbau nicht möglich, vgl. daher entsprechende Angaben unter „Übertragungsmessung“ bzw. „Reflexionsmessung“.

75 Ω

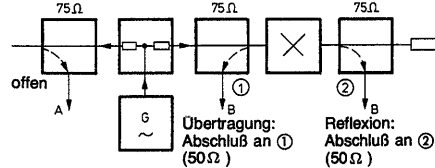
0,3...2000MHz
T-Meßverfahren
ohne
Richtkoppler
und
VSWR-Meßbrücke

Kombinierter Meßaufbau nicht möglich, vgl. daher entsprechende Angaben unter „Übertragungsmessung“ bzw. „Reflexionsmessung“.

Meßaufbau



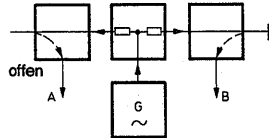
Meßaufbau



50 Ω

10...1000MHz
mit
Richtkoppler
ZPV-Z3

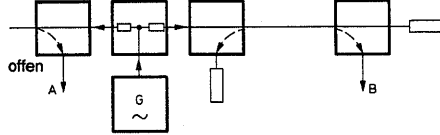
Kalibrieraufbau



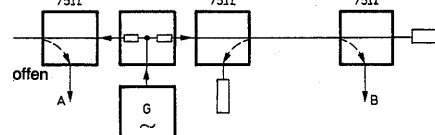
Kalibrieraufbau



für Übertragung (s₂₁, s₁₂)



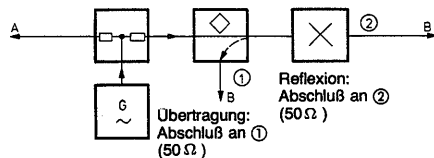
für Übertragung (s₂₁, s₁₂)



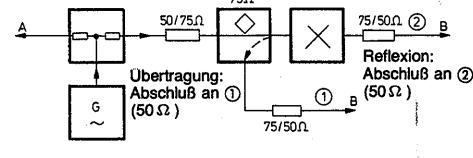
75 Ω

10...1000MHz
mit
Richtkoppler
ZWD-Z

Meßaufbau



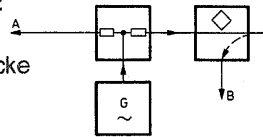
Meßaufbau



50 Ω

5...2000MHz
mit
VSWR-Meßbrücke
ZRB

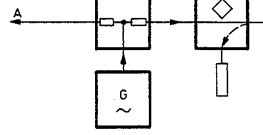
Kalibrieraufbau



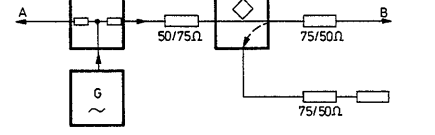
Kalibrieraufbau



für Übertragung (s₂₁, s₁₂)



für Übertragung (s₂₁, s₁₂)



75 Ω

10...1000MHz
mit
VSWR-Meßbrücke
SWOB4-Z

Dieses Kapitel dient als Anleitung zum Finden der jeweils erforderlichen Tastenkombination für einen gewünschten Parameter. Die übrigen Tasten sind nicht eingeschaltet. Die Meßanordnung wurde im vorhergehenden Kapitel behandelt. Lediglich der Meßaufbau für Gruppenlaufzeitmessung, die einen Sonderfall darstellt, wird hier genauer beschrieben.

Spannungsmessung

Referenzwert speichern



Mit dem ZPV sind komplexe Spannungen nach Betrag und Phase meßbar. Sie können entweder absolut oder auf einen beliebigen Referenzwert bezogen gemessen werden.

Mit folgenden, im Anzeigefeld angebrachten Tasten wird der Bezugswert gespeichert:

- LEVEL REF ● STORE Betrag
- %, T REF ● STORE Phase
- PARAM ● CAL Betrag und Phase



Dabei können für Kanal A, Kanal B und auch für das Verhältnis B/A verschiedene Werte gewählt werden.

Anleitung zum Speichern

- Erforderliche Tastenkombination drücken (s. Tabelle Seite 24; nur Absolutwerte)
- Referenzwert einstellen
- Referenzwert speichern (siehe oben)
- Kontrolle:  drücken; der gespeicherte Wert wird am Display angezeigt
-  wieder ausschalten

Tastenkombinationen: siehe Tabelle Seite 24






Meßablauf

- Eventuellen Referenzwert festlegen
- Erforderliche Tastenkombination wählen (Tabelle S. 24)
- Gewünschte Senderfrequenz einstellen 
- Meßergebnis ablesen 

Beispiel

Die Einfügungsdämpfung eines Filters bei Mittenfrequenz f_m beträgt 5,6 dB. Gesucht sind die beiden Eckfrequenzen, bei denen der Dämpfungsanstieg 6 dB beträgt.

Bedienschritte








- Meßsender auf f_m einstellen
- Am ZPV   drücken
(Display zeigt 5,6 dB an)
- PARAM ● CAL drücken (zur Kontrolle   wieder AUS)
-  drücken (Display zeigt 0 dB)
- Senderfrequenz nach oben und unten verändern, bis Display jeweils -6 dB anzeigt
- Jeweilige Frequenz ablesen

s-Parametermessung (mit Option ZPV-B2)

Unter s-Parameter sind folgende Größen zusammengefaßt: s_{11} , s_{22} , s_{21} , s_{12} , Z, Y, Z/Z₀, Y/Y₀, Welligkeitsfaktor s (VSWR), Rückflußdämpfung und Einfügungsdämpfung (siehe auch Zusammenstellung der Reflexions- und Übertragungsmessungen Seite 16).

Vor der s-Parametermessung ist die Bezugsebene festzulegen. Der jeweils notwendige Kalibrierenaufbau ist dem vorhergehenden Kapitel „Meß- und Kalibrierenaufbau“ zu entnehmen. Erneutes Kalibrieren ist nur dann notwendig, wenn der Meßaufbau geändert wird, so z. B. bei Umstellung von einem 50-Ω-Meßsystem auf ein 75-Ω-System.

Festlegen der Bezugsebene

- Kalibrierenaufbau bestimmen (s. Kapitel „Meß- und Kalibrierenaufbau“, S. 16)
- Am ZPV  oder    und  drücken
- Je nach Kalibrierenaufbau zusätzlich  und/oder  drücken

Bei Reflexionsmessung:

-   PARAM ● CAL drücken: **Meßebeene ist festgelegt**



und/oder bei einer Übertragungsmessung:

-   PARAM ● CAL drücken: **Meßebeene ist festgelegt**

Hinweis: Eventuell vorhandene Dämpfungsglieder werden kompensiert, da sie im Kalibrierenaufbau berücksichtigt sind.












Tastenkombinationen: siehe Tabelle Seite 25

Meßablauf

- Meßaufbau kalibrieren (s. Kapitel „Meß- und Kalibrierenaufbau“)
- Erforderliche Tastenkombination drücken (Tabelle S. 25)
- Gewünschte Senderfrequenz einstellen 
- Meßergebnis ablesen 



MANUELLE MESSUNGEN

Tabelle zur Tastenkombination bei Spannungsmessung

	Tastenkombination	Darstellart und Dimension	Beispiele für Anzeige am Display
Spannung	 φ ●	linear in mV, nach Betrag und Phase	100 mV +135 φ BA
Absolutwerte	 φ ●	logarithmisch in dB, nach Betrag und Phase	-6.9 dBm +135 φ BA
im Kanal A oder B	 		
Bezogen auf beliebigen Referenzwert	 φ ●	linear nach Betrag und Phase	2 0.0 φ BA
	 φ ●	logarithmisch in dB, nach Betrag und Phase	+6. dB 0.0 φ BA
Spannungsverhältnis	 φ ● oder x, y ●	linear nach Betrag und Phase bzw. nach Real- und Imaginärteil	.016 -31.0 φ BA + .014 - .0087 j
Absolutwerte	 φ ●	logarithmisch nach Betrag und Phase in dB	-35.6 dB -31.0 φ BA
B/A			
Bezogen auf beliebigen Referenzwert	 φ ● oder x, y ●	linear nach Betrag und Phase bzw. nach Real- und Imaginärteil	.500 -175. φ BA - .497 - .042 j
	 φ ●	logarithmisch nach Betrag und Phase in dB	-6.0 dB -175.1 φ BA

MANUELLE MESSUNGEN

Tabelle zur Tastenkombination bei s-Parametermessung

	Grundeinstellungen für Messungen ohne Richtkoppler und VSWR-Meßbrücke mit 50-Ω-Meßobjekt		Zusätzlich drücken bei 75-Ω-Meßobjekt	Zusätzl. drücken bei Verwendung v. Richtkopplern od. VSWR-Meßbr.
Übertragungsmessungen				
				
Vorwärtsübertragungsfaktor s_{21}	s_{21}, s_{12}	LIN. r, φ ● oder x, y ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.
Einfügungsdämpfung (Durchgangsdämpfung)	s_{21}, s_{12}	LOG. r, φ ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.
Rückwärtsübertragungsfaktor s_{12}	s_{21}, s_{12}	LIN. r, φ ● oder x, y ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.
Reflexionsmessungen				
				
Eingangsreflexionsfaktor s_{11}	s_{11}, s_{22}	LIN. r, φ ● oder x, y ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.
Welligkeitsfaktor s (VSWR)	s_{11}, s_{22}	LIN./REF. (VSWR) r, φ ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.
Rückflußdämpfung	s_{11}, s_{22}	LOG. r, φ ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.
Ausgangsreflexionsfaktor s_{22}	s_{11}, s_{22}	LIN. r, φ ● oder x, y ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.
Impedanz	Z	LIN. r, φ ● oder x, y ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.
Normierte Impedanz	Z	LIN./REF. (VSWR) r, φ ● oder x, y ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.
Admittanz	Y	LIN. r, φ ● oder x, y ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.
Normierte Admittanz	Y	LIN./REF. (VSWR) r, φ ● oder x, y ●	50 Ω ◦ 75 Ω *	DIR. COUPL.

MANUELLE MESSUNGEN

Gruppenlaufzeitmessung (mit Option ZPV-B3)

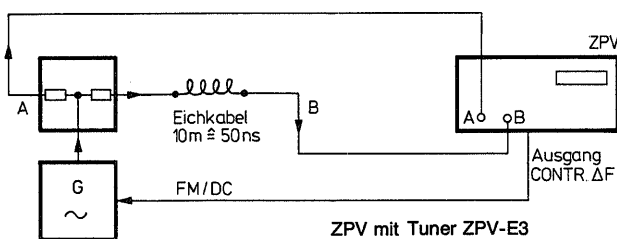
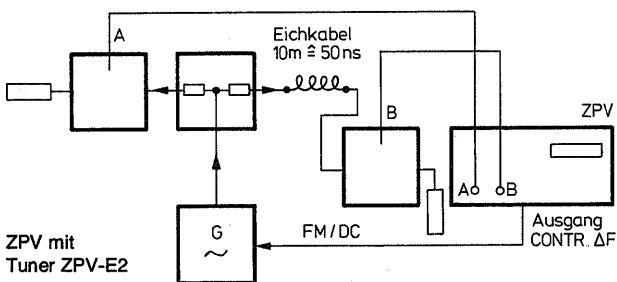
Es gibt drei hauptsächliche Methoden, die Gruppenlaufzeit zu bestimmen. Die Auswahl der jeweils geeignetsten Meßmethode wird im Anhang auf Seite 48 beschrieben.

Unabhängig von der Meßmethode kann ein beliebiger Gruppenlaufzeitwert als Referenzwert gespeichert und die Gruppenlaufzeitänderung direkt abgelesen werden. Diese Möglichkeit wird auf Seite 27 näher beschrieben.

Ob ein Kalibrieren des Meßaufbaus notwendig ist, hängt von der verwendeten Meßmethode ab.

Die FM-DC-Methode

Kalibrieraufbau



Anleitung zum Kalibrieren

- Gewünschte Senderfrequenz einstellen
- **A** **B** oder **B/A** drücken
- **T** **CAL.** drücken
- Warten, bis am Display 50 ± 1 ns erscheint
- **AUTO** drücken
- Je nach gewünschtem Hub: **SET f_0 +0,4kHz** oder **SET f_0 +4kHz** oder **SET f_0 +40kHz**

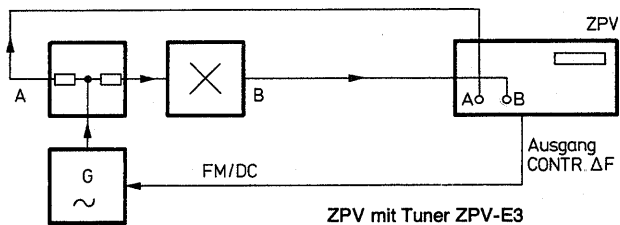
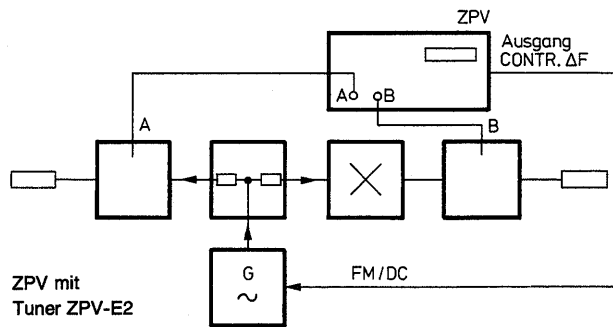
Hinweise zum Kalibriervorgang

Der Ausgang $\text{CONTR. } \Delta F$ gibt maximal eine Spannung von 10 V ab. Erscheint die Anzeige „50 ns“ nicht am Display, so kann dies eventuell daran liegen, daß der Meßsendereingang „FM-Hub“ auf zu geringe Empfindlichkeit eingestellt ist (Empfindlichkeit erhöhen), oder daß der Meßsender für einen Hub von 40 kHz nicht eingerichtet ist.

Zum Erreichen maximaler Meßgenauigkeit wird über die Taste **CAL.** auf 40 kHz Hub kalibriert.

Sind zwischendurch andere Parameter, z. B. Impedanz oder Welligkeitsfaktor, zu ermitteln, so muß nicht neu kalibriert werden, da der Pegel des Ausgangs $\text{CONTR. } \Delta F$ im ZPV gespeichert ist.

Meßaufbau



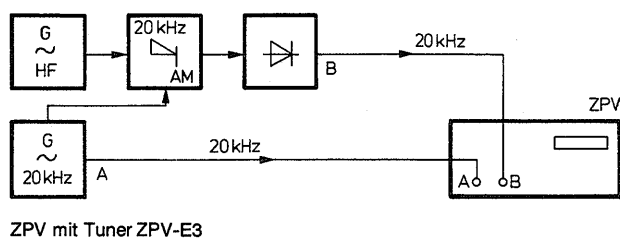
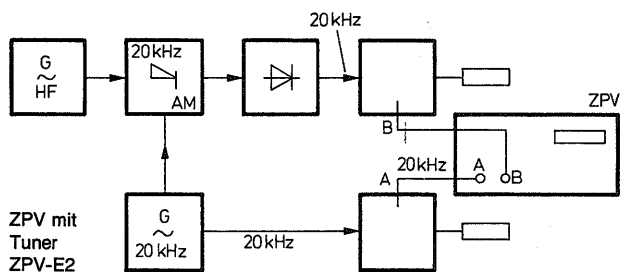
Meßablauf

- **A** **B** oder **B/A** drücken
- **T** **AUTO** drücken
- Je nach Anwendungsfall **SET f_0 +0,4kHz** **SET f_0 +4kHz** oder **SET f_0 +40kHz**
- Gewünschte Senderfrequenz einstellen
- Gruppenlaufzeit ablesen

Bei langsamem Wobbeln der Senderfrequenz kann die Gruppenlaufzeit direkt mit einem Schreiber aufgezeichnet werden.

Das Spaltfrequenzverfahren

Kalibrieraufbau

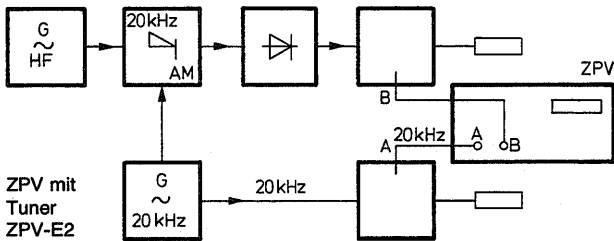


MANUELLE MESSUNGEN

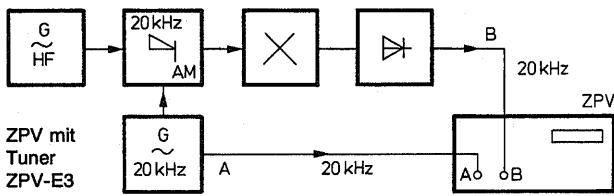
Anleitung zum Kalibrieren

- Gewünschte Senderfrequenz einstellen
- **A** **B** oder **B/A** drücken
- **τ** **SET f₀** drücken
- **SET f₀ +40kHz** drücken

Meßaufbau



ZPV mit Tuner ZPV-E2



ZPV mit Tuner ZPV-E3

Meßablauf

- **A** **B** oder **B/A** drücken
- Gewünschte Senderfrequenz einstellen
- Anzeige ablesen
- Gruppenlaufzeit = 2 x angezeigter Wert (Faktor 2, da mit 20 kHz und nicht mit 40 kHz moduliert wird)

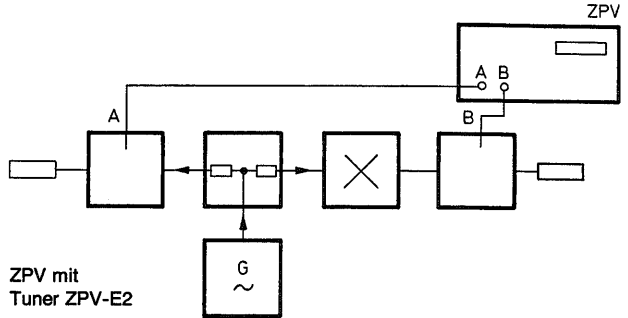
Hinweise: Die Taste **τ** darf nach dem Kalibriervorgang nicht mehr gedrückt werden, da dies zum Speichern einer falschen Phasendifferenz führt. Es können jedoch weiterhin andere Parameter, z. B. s_{11} , gemessen werden. Beim Wechsel zurück zur Gruppenlaufzeitmessung wird lediglich, wie oben angegeben, eine der Tasten **A** **B** oder **B/A** betätigt.

Das Spaltfrequenzverfahren ist zum Abgleich beliebig breitbandiger Meßobjekte verwendbar, da dem ZPV selbst immer nur das 20-kHz-Signal angeboten wird und somit ein Umsynchronisieren entfällt. Die Frequenzgrenzen hängen vom Modulator und Demodulator ab und können auch außerhalb des ZPV-Frequenzbereiches liegen.

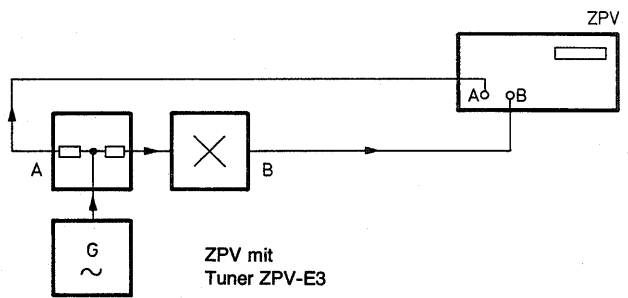
Die statische Messung der Gruppenlaufzeit (Einzelmessung)

Ein Kalibrieren ist bei dieser Methode nicht notwendig.

Meßaufbau



ZPV mit Tuner ZPV-E2



ZPV mit Tuner ZPV-E3

Meßablauf

- **A** **B** oder **B/A** drücken
- **τ** drücken
- Gewünschte Senderfrequenz einstellen
- **SET f₀** drücken
- Senderfrequenz um $\Delta f = 0,4/4/40$ kHz verstimmen
- Je nach Δf **SET f₀ +0,4kHz** **SET f₀ +4kHz** oder **SET f₀ +40kHz** drücken
- Gruppenlaufzeit ablesen

Referenzwert speichern

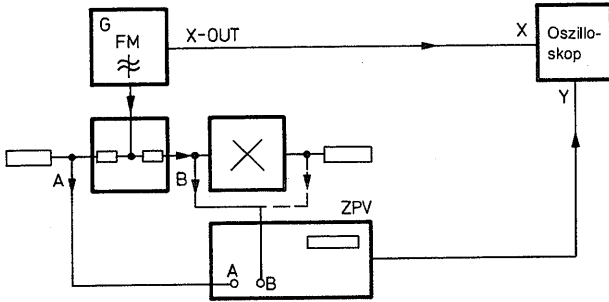
Unabhängig von der verwendeten Meßmethode für Gruppenlaufzeit kann auch hier, wie bei der Spannungsmessung, ein Referenzwert gespeichert werden. Diese Möglichkeit mit dem ZPV ist sehr vorteilhaft, da in der Praxis häufig nicht nur Absolutwerte, sondern besonders Gruppenlaufzeitschwankungen interessieren.

Anleitung zum Speichern

- Gewünschte Gruppenlaufzeit als Bezugswert einstellen
- Mit **τ**, **REF**, **STORE** speichern
- Zur Kontrolle **RECALL REF** drücken: der gespeicherte Wert erscheint am Display
- **RECALL REF** ausschalten
- **Δτ** drücken

In der Stellung **Δτ** wird nun die Differenz zum Bezugswert angezeigt.

WOBBELBETRIEB

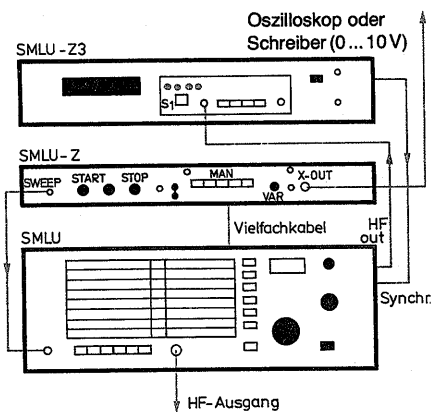


Prinzipieller Meßaufbau für Wobbelbetrieb

Übersicht der von Rohde & Schwarz angebotenen Wobbelsysteme

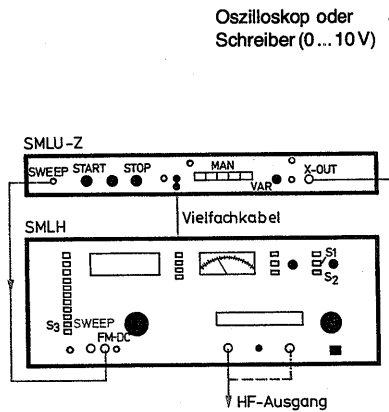
Gerätekombination	Bestellnummer	Frequenzbereich	Max. einstellb. Hub
Leistungs-Meßsender SMLU + Frequenzkontroller SMLU-Z3 + Wobbelzusatz SMLU-Z (s. Bild unten, links)	200.1009.02 242.5019.92 243.3010.92	25 ... 1000 MHz	Gesamter Frequenzbereich des SMLU
Universal-Meßsender SMDU (z. B. Modell 04) + Wobbelzusatz SMLU-Z (s. Bild unten, rechts)	249.3011.04 243.3010.92	0,14 ... 525/1050 MHz	1 MHz
AM-FM-Meßsender SMLH + Option Wobbeloszillator SMLH-B5 + Wobbelzusatz SMLU-Z (s. Bild unten, Mitte)	283.8070.52 284.5017.02 243.3010.92	10 kHz ... 40 MHz	Gesamter Frequenzbereich des SMLH
AM-FM-Meßsender SMUV + Option Wobbeloszillator SMUV-B5 + Wobbelzusatz SMLU-Z (s. Bild unten, Mitte)	301.0120.52 301.4802.02 243.3010.92	10 kHz ... 130 MHz	Gesamter Frequenzbereich des SMUV

Wobbelssystem mit Leistungs-Meßsender SMLU



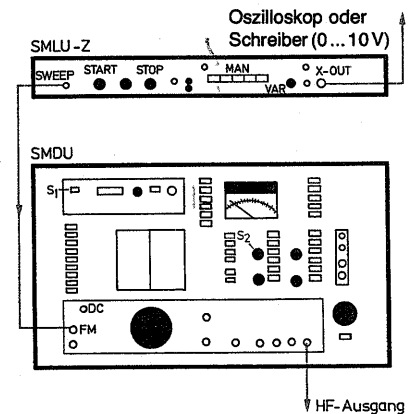
Schalter S₁ am SMLU-Z3 so einstellen, daß kein Lämpchen brennt

Wobbelssystem mit AM-FM-Meßsender SMLH oder SMUV

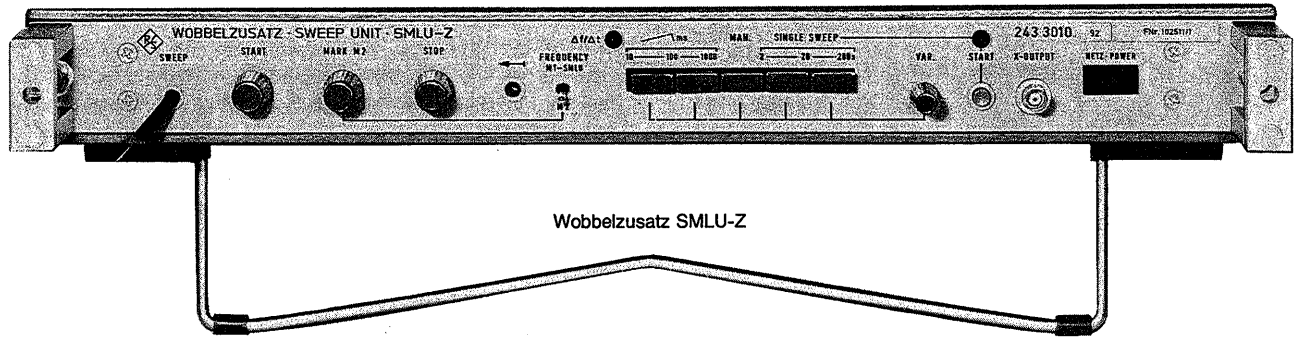


Schmalbandwobbeln (<20 kHz):
Schalter S₁ am SMLH (FM-EXT.) EIN
Breitbandwobbeln (<40 MHz):
Schalter S₂ am SMLH (UNMODULIERT) EIN
Schalter S₃ am SMLH (WOBBELN) EIN
Die Einstellungen am SMUV erfolgen analog

Wobbelssystem mit Universal-Meßsender SMDU



Schalter S₁ (Synchronisation) am SMDU: AUS
Schalter S₂ am SMDU: Je nach erforderlichem Hub



Wobbelzusatz SMLU-Z

Einstellung des Wobbelzusatzes SMLU-Z

Startfrequenz

- Drehknopf „STOP“ am rechten Anschlag
- Drehknopf „VAR.“ am linken Anschlag
- Taste „MAN.“ drücken
- Drehknopf „START“ so lange drehen, bis Startfrequenz vom Frequenzzähler des Senders angezeigt wird

Stopfrequenz

- Drehknopf „VAR.“ am rechten Anschlag
- Drehknopf „STOP“ so lange drehen, bis Stopfrequenz am Frequenzzähler des Senders angezeigt wird
- Ausgang „X-OUTPUT“ mit dem Eingang „X-ABLENKUNG“ des Schreibers oder des Oszilloskops verbinden

Dauerablenkung (Permanent Sweep)

- Für schnellen Wobbelbetrieb Taste „10-100“ bzw. „100-1000“ drücken
- Mit Drehknopf „VAR.“ richtige Ablenkgeschwindigkeit einstellen

Einzelablenkung (SINGLE SWEEP)


- Für einmalige Ablenkung (z. B. Schreiberbetrieb) Taste „2-20“ bzw. „20-200 s“ drücken
- Mit Drehknopf „VAR.“ richtige Ablenkgeschwindigkeit einstellen

Analoges Wobbeln

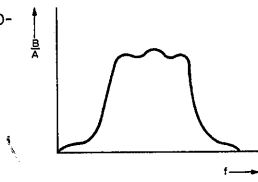
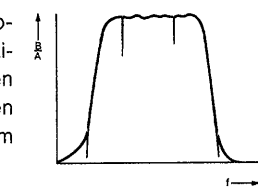
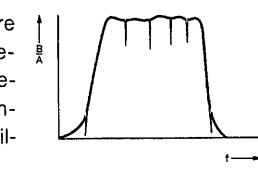
Der ZPV bietet zwei verschiedene Wobbelmöglichkeiten: **analoges** und **digitales Wobbeln** (s. Seite 31). Die Tabelle auf Seite 33 zeigt die wesentlichen Unterschiede der beiden Wobbelarten.

Beim analogen Wobbeln werden die Eingangssignale beider Kanäle amplituden- und phasentreu direkt an die beiden Ausgänge

gelegt. Diese Betriebsart erlaubt eine sehr schnelle Darstellung, da keine A/D-Wandlung erfolgt. Der interne Mikroprozessor des ZPV ist dabei außer Betrieb. Größen, die erst durch Umrechnung entstehen, sind deshalb nicht darstellbar und das Display zeigt nichts an. Der analoge Wobbelbetrieb wird über die Taste

 ein- oder ausgeschaltet.

Maximaler Frequenzhub beim analogen Wobbeln

Hub	Erläuterung	Bildqualität
Bis max. 2 MHz	Stehendes Bild am Oszilloskop	
Bis ca. 10 MHz	Stehendes Bild am Oszilloskop; die durch kurzzeitiges Umsynchronisieren des ZPV hervorgerufenen Nadelimpulse sind am Schirm kaum zu sehen	
Ca. 100 MHz	Durch die etwas längere Ablenkzeit von ca. 2 Sekunden ergibt sich kein stehendes Bild mehr; Verwendung eines Speicheroszilloskops sinnvoll	

Da sich beim Wobbeln mit dem ZPV bis ca. 10 MHz noch ein stehendes Bild ergibt, kann das Meßobjekt abgeglichen werden.

WOBBELBETRIEB

Darstellbare Größen

Die Tasten FREQ und AMPL halten den richtigen Frequenz- und Amplitudenbereich fest. Der Dynamikbereich beträgt beim analogen Wobbeln ca. 35 dB.

Drei Tastenkombinationen sind möglich:

A LIN Spannung im Kanal A (linear)

B LIN Spannung im Kanal B (linear)

weiterhin bei einer

Übertragungsmessung (mit oder ohne Richtkoppler oder VSWR-Meßbrücke)

B/A LIN B/A entspricht der Übertragungskurve nach Betrag und Phase (Frequenzgang der Amplitude und Phase)

B/A entspricht s_{21} bzw. s_{12}

Sonderfall: 20-kHz-Spaltfrequenzverfahren (AM): Die Phasenanzeige ist direkt proportional der Gruppenlaufzeit

und bei einer

Reflexionsmessung (nur mit Richtkoppler oder VSWR-Meßbrücke)

B/A LIN B/A entspricht dem Reflexionsfaktor nach Betrag und Phase (s_{11} bzw. s_{22})

Hinweis: Bei der Messung ohne Richtkoppler gilt $\frac{B}{A} = 1 + r$, d. h. der Reflexionsfaktor ist nicht direkt proportional der an den Ausgängen SWEEP IV anliegenden Gleichspannung (vgl. Formeln im Anhang, Seite 50).

Meßablauf

- Meßaufbau wählen:
 - Prinzipaufbau nach Bild Seite 28
 - Wobbelsystem nach Tabelle Seite 28 festlegen
 - Kapitel „Meß- und Kalibrierlaufbau“ beachten

- Eventuell Meßaufbau kalibrieren

- FREQ einschalten

- Mit \uparrow oder \downarrow am Tuner erforderlichen Frequenzbereich wählen

- B LIN drücken, falls B oder B/A gewünscht wird;

sonst A LIN drücken

- Amplitudenbereich festlegen:

- Meßsender (unmodulierte Ausgangsspannung) so lange verstimmen, bis etwa Spannungsmaximum erreicht ist
- AMPL einschalten (mit dem Einstellen des Spannungsmaximums im Schritt vorher wurde automatisch der richtige Amplitudenbereich gewählt)

SWEEP
ON - OFF

- SWEEP einschalten (Display zeigt nichts mehr an)

- Bildschirm skalieren

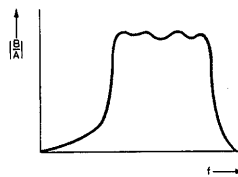
- Start-/Stopfrequenz festlegen (s. Seite 29)

- Wobbelbetrieb einschalten (s. Seite 28)

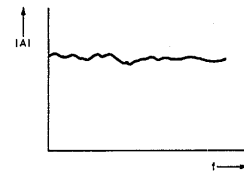
- Falls gewünscht: B/A drücken

- Meßobjekt so lange abgleichen, bis Kurve am Bildschirm der Sollkurve entspricht

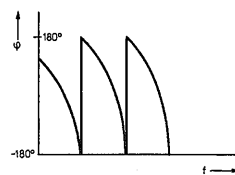
Meßergebnisse



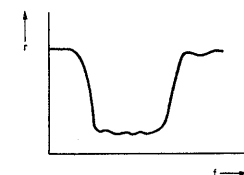
Frequenzgang der Amplitude



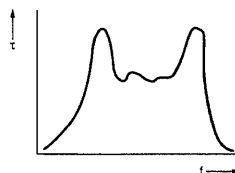
Eingangsspegel-schwankungen



Frequenzgang der Phase



Reflexionsfaktor (Meßaufbau mit Richtkoppler)



Gruppenlaufzeit (ermittelt mit Spaltfrequenzverfahren)

Hinweis: Zum Protokollieren der Meßergebnisse mit einem Schreiber wird die hohe Wobbelschwindigkeit nicht benötigt. Es empfiehlt sich deshalb, auf digitalen Wobbelsbetrieb umzusteigen

und einen der Ausgänge REC/IV zu verwenden. Durch den nun eingeschalteten Mikroprozessor ist der volle Dynamikbereich von 110 dB ausnutzbar (s. auch Schreiberbetrieb, Seite 31).