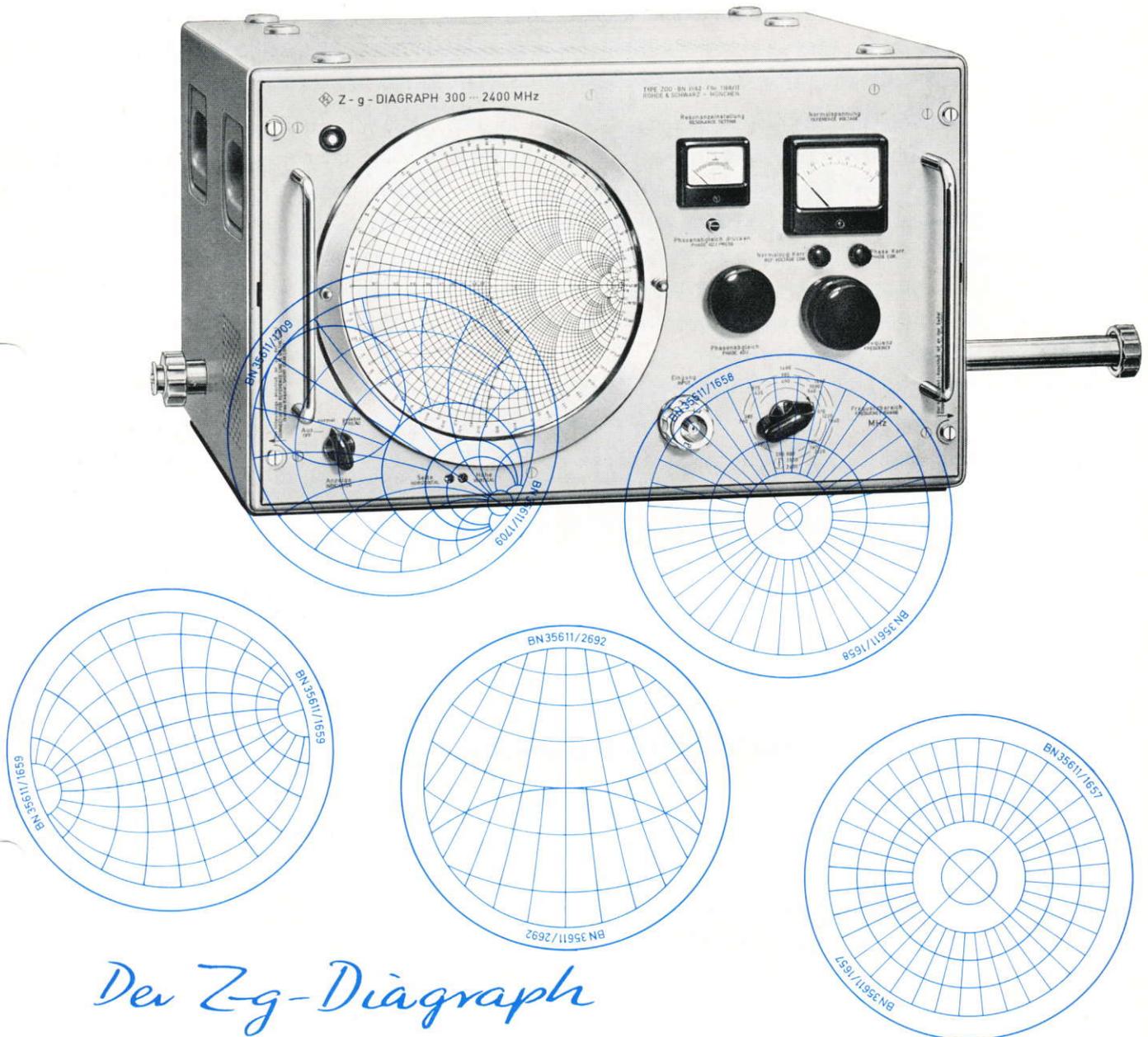


# Z-g-DIAGRAPHEN 30 ... 2400 MHz



*Der Z-g-Diagraph  
mißt Impedanzen u. Admittanzen  
mißt Übertragungs-Kennwerte  
mißt Phasendifferenzen  
ist als Meßeempfinger geeignet*

## Aufgaben und Anwendung

### Einheitliches, rationelles Meßverfahren von 30...2400 MHz

Die Z-g-Diagrammen werden in zwei Typen für einen niederen und einen hohen Frequenzbereich geliefert. Der Z-g-Diagramm Type ZDU ist für den VHF-Frequenzbereich von 30...300 bzw. 420 MHz bestimmt. Dieser Bereich stellt hinsichtlich der Bestimmung komplexer Widerstände und Übertragungskennwerte ein Grenzgebiet dar, das durch den Übergang von quasistationären zu nichtstationären Meßmethoden gekennzeichnet ist. Das Gerät ZDU schafft hier ein einheitliches Meßverfahren großer gleichbleibender Genauigkeit.

Bei dem Z-g-Diagrammen ZDD, der im Frequenzbereich von 300...2400 MHz arbeitet, spielt die Frage nach der Wirtschaftlichkeit des Meßverfahrens eine noch größere Rolle. In diesem Frequenzbereich und bei den hier interessierenden Impedanzwerten von etwa  $3 \Omega$ ... $1200 \Omega$  werden häufig Meßleitungen verwendet. Diese liefern genaue Resultate, erfordern aber zeitraubende Messungen, qualifizierte Arbeitskräfte und zusätzliche rechnerische oder graphische Auswertung. Lange Auswertzeiten sind aber untragbar, sowohl bei einzelnen Meßproblemen größeren Umfanges wie z. B. in der Entwicklung, als auch bei der Fertigung oder Kontrolle großer Serien gleichartiger Geräte. Hier ermöglichen die Z-g-Diagrammen eine rationelle Arbeitsweise.

Bei den Z-g-Diagrammen Type ZDU und ZDD kommt das Prinzip des Richtkopplers zur Anwendung, das vorzugsweise in der Dezimeter- und Zentimeter-Technik benutzt wird, sich jedoch ebenso gut für den VHF- und Kurzwellenbereich eignet. Die Meßwerte können auf dem Smith-Diagramm bzw. einem besonderen Polardiagramm ohne irgendwelche rechnerische oder graphische Auswertarbeit direkt abgelesen werden. Dieser Umstand ist von besonderer Bedeutung bei der Untersuchung von Meßobjekten innerhalb eines breiten Frequenzbandes, da, wie oben erwähnt, solche Messungen mit Meßleitungen relativ zeitraubend sind.

Die Geräte haben Netzanschluß für die üblichen Spannungen und Frequenzen, sind aber auch für eine Netzfrequenz von 400 Hz umschaltbar, so daß sie zum Beispiel an einem Flugzeug-Bordnetz betrieben werden können.

### Die Z-g-Diagrammen bieten vier Meßmöglichkeiten

#### Messung von Impedanz und Admittanz

Breitbanddiagramme der Impedanz oder Admittanz beliebiger Objekte, wie Antennen, Übertrager, Absorber, Filter und sonstiger Netzwerke können innerhalb weniger Minuten aufgezeichnet werden, wobei auswechselbare Diagramm-Blätter eine besonders einfache und rationelle Protokollführung gestatten. Als Ergebnis der Messung erhält man also sofort eine Ortskurve, ohne die die Breitbandtechnik nicht mehr denkbar ist. Bei der Untersuchung schwer zugänglicher Meßobjekte, wie hochgelegener Antennen, wird es stets als lästig empfunden, daß die am Eingang eines Zubringerkabels gemessene Impedanz erst um den Phasenwinkel des Kabels zurückgedreht werden muß, um den wahren Fußpunktwidestand zu finden, und daß diese Drehung für jede Frequenz eine andere ist. Auf Grund der besonderen Konstruktion der Z-g-Diagrammen ZDU und ZDD ist es möglich, die wahre Objekt-Impedanz auf dem Diagrammschirm zur Anzeige zu bringen, wenn man ein zweites Kabel, das gleiche elektrische Länge wie das Meßkabel besitzt, an den mit »Hilfsleitung« bezeichneten Meßausgang des Gerätes anschließt. Durch die so vorgenommene Eliminierung der Phasendrehung entfällt jede Umrechnung oder graphische Auswertung. Voraussetzung ist allerdings, daß der Wellenwiderstand der verwendeten Kabel hinreichend homogen ist, da Z-Fehler in vollem Umfange in das Resultat eingehen. Symmetrische Meßobjekte können über unsere Breitbandsymmetrier-Töpfe Type BSU oder die Impedanzwandler Type BSI an den koaxialen Meßausgang angeschlossen werden.

## Messung der Übertragungseigenschaften von vier- und mehrpoligen Netzwerken

Das zur Anwendung gelangende Meßprinzip gestattet außerdem, die Übertragungskennwerte von vier- und mehrpoligen Netzwerken (Spannungsübersetzung bzw. Betriebsübertragungsmaß) unmittelbar in einem der Dämpfung und dem Phasenwinkel zugeordneten Polardiagramm darzustellen. Mit Hilfe von zwei elektrisch gleich langen Zubringerkabeln des Wellenwiderstandes  $Z_0$  wird das Betriebsübertragungsmaß für den Zustand  $Z_i = Z_a = Z_0$  gemessen. Bei Benützung geeigneter Anpassungsglieder sind auch Untersuchungen mit  $Z_i = Z_a$  nicht gleich  $Z_0$  möglich. ZF-Verstärker, deren Betriebsfrequenz in dem Bereich 30...300 bzw. 420 MHz und 300...2400 MHz liegt, können auch auf ihre Gruppenlaufzeit untersucht werden.

Angesichts der immer häufigeren Verwendung von Transistoren sei besonders darauf hingewiesen, daß sich die Z-g-Diagrammen gut zur Bestimmung der Kennwerte und Übertragungsgrößen von Transistoren im VHF- und UHF-Bereich eignen. Die dabei benötigte niedere Spannung am Meßobjekt kann durch Messen auf dem gedehnten Bereich unter Verwendung des Normaldiagramms leicht hergestellt werden.

## Messung des Phasenwinkels zwischen zwei gleichfrequenten Spannungen

Weiter ist es möglich, den Phasenwinkel zwischen zwei gleichfrequenten Spannungen für alle Phasenwinkel zwischen  $+180^\circ$  und  $-180^\circ$  auf einem Polarkoordinatensystem direkt abzulesen. Die zu vergleichenden Spannungen brauchen dabei keineswegs gleich groß zu sein, wenn sie nur innerhalb des angegebenen Spannungsbereiches liegen.

## Anwendung als linearer Meßempfänger

Der eingebaute Überlagerungsempfänger kann als linearer Meßempfänger verwendet werden. Dies kann trotz der durch die Richtkoppler verringerten Empfindlichkeit von Interesse sein, da der Eingangswiderstand des Empfängers innerhalb des ganzen Frequenzbereiches mit guter Genauigkeit gleich  $Z_0$  ist.

## Eigenschaften

► Die Bestellnummern sind unterschiedlich je nach Frequenzbereich und Wellenwiderstand  $Z_0$ .

Frequenzbereich	Type	50 $\Omega$	60 $\Omega$	75 $\Omega$
30... 300 MHz	ZDU	BN 3561/50	BN 3561/60	BN 3561/75
30... 420 MHz	ZDU	BN 35610/50	BN 35610/60	BN 35610/75
300...2400 MHz	ZDD	BN 3562/50	BN 3562/60	—

## Als Impedanzmeßgerät

Meßbereich (Wirk- und Blindwiderstände) . . . . .  $1/50 Z_0 \dots 50 Z_0$  (bei  $Z_0 = 60 \Omega : 1,2 \Omega \dots 3000 \Omega$ )

Ablesung . . . . . direkte Sichtanzeige durch Lichtmarke

- a) nach Wirk- und Blindanteil auf dem Impedanz-Admittanz-Diagramm nach Smith
- b) nach Betrag und Phase auf dem Impedanz- Admittanz-Diagramm nach Carter
- c) als komplexer Reflexionsfaktor nach Betrag und Phase auf dem Polardiagramm für den Reflexionsfaktor

Fehlergrenzen bei Type ZDU . . . . .  $\pm 2\%$  bei  $Z_0$ ,  $\pm 10\%$  bei  $0,1 Z_0$  bzw.  $10 Z_0$

Fehlergrenzen bei Type ZDD . . . . .  $\pm 3\%$  bei  $Z_0$ ,  $\pm 20\%$  bei  $0,1 Z_0$  bzw.  $10 Z_0$

Erforderliche Generatorspannung . . . . .  $< 2$  V EMK

Spannung am Meßobjekt bei Type ZDU . . . . .  $< 20$  mV

Spannung am Meßobjekt bei Type ZDD . . . . .  $< 25$  mV

Meßobjektanschluß . . . . . Kurzhubstecker Dezifix B. Geräte mit anderen Anschlüssen sind lieferbar. Bitte die gewünschte Type genau angeben.

**Als Meßgerät zur Bestimmung der Übertragungseigenschaften vier- und mehrpoliger Netzwerke**

Meßart . . . . .	a) Betriebsübertragungsmaß b) Spannungsübersetzung	
Meßbereich der Dämpfung . . . . .	0...30 db	
Fehlergrenzen . . . . .	$\pm 5\%$ $\pm 0,2$ db	
Meßbereich des Phasenwinkels . . . . .	0...360°	
Fehlergrenzen . . . . .	$\pm 1,5^\circ$ bei 0 db; $\pm 5^\circ$ bei 20 db	
Ablesung . . . . .	direkte Sichtanzeige durch Lichtmarke auf Polardiagramm	
Belastungswiderstand des Netzwerkes		
bei Type ZDU . . . . .	$Z_0 \pm 1\%$	} Eventuelle Kabelfehler sind nicht mitgerechnet.
bei Type ZDD . . . . .	$Z_0 \pm 2\%$	
Speisewiderstand des Netzwerkes		
bei Type ZDU . . . . .	$Z_0 \pm 1\%$	} Der Widerstand setzt sich zusammen aus dem Wellenwiderstand der Z-g-Diagrammen und dem des Einspeisekopfes. Eventuelle Kabelfehler sind nicht mitgerechnet.
bei Type ZDD . . . . .	$Z_0 \pm 3 \Omega$	
Verbindung des Meßobjektes mit dem Gerät erfolgt über einen Einspeisekopf und 2 elektrisch gleichlange Meßkabel.		

**Als Meßgerät zur Bestimmung des Phasenwinkels zwischen zwei Spannungen gleicher Frequenz**

Meßbereich . . . . .	0... $\pm 180^\circ$	
Fehlergrenzen . . . . .	$\pm 1,5^\circ$	(bei gleich großen Amplituden und voller Aussteuerung des Diagramms)
Ablesung . . . . .	direkte Sichtanzeige durch Lichtmarke auf Polardiagramm	
Kleinste, zur Phasenmessung noch ausreichende Spannung		
bei Type ZDU . . . . .	etwa 2 mV	
bei Type ZDD . . . . .	2...5 mV je nach Frequenz	
Größte zulässige Spannung		
bei Type ZDU . . . . .	ca. 15 mV	
bei Type ZDD . . . . .	ca. 20 mV	

**Als abgestimmter linearer Meßempfänger**

Benötigte Eingangsspannung für Vollausschlag am Normalspannungsinstrument		
bei Type ZDU . . . . .	< 20 mV	
bei Type ZDD . . . . .	< 25 mV	
Ansprechempfindlichkeit bei Type ZDU . . . . .	etwa 0,5 mV	
Ansprechempfindlichkeit bei Type ZDD . . . . .	etwa 0,8 mV	
Bandbreite bei Type ZDU . . . . .	ca. 70 kHz	} durch automatische Frequenz- nachregelung erhöht auf ca. 500 kHz
Bandbreite bei Type ZDD . . . . .	ca. 70 kHz	

**Sonstige Daten**

Eingangswiderstände bei Type ZDU . . . . .	$Z_0 \pm 1\%$	
Eingangswiderstände bei Type ZDD . . . . .	$Z_0 \pm 2\%$	
<b>Netzanschluß</b> . . . . .	115/125/220/235 V $\pm 10\%$ ; 47...63 Hz und 400 Hz (Leistungsaufnahme: rd. 180 VA)	
<b>Abmessungen</b> . . . . .	540 x 340 x 480 mm	
<b>Gewicht</b> . . . . .	ZDU: 55 kg	ZDD: 58 kg

## Arbeitsweise und Aufbau

In einem Meßkoaxial und in einem Hilfskoaxial ist je ein Richtkoppler eingebaut, von denen der erstere eine dem Reflexionskoeffizienten  $p_x$  des Meßobjektes proportionale Spannung, der zweite eine dem Reflexionskoeffizienten 1 proportionale Normalspannung liefert, so daß aus dem Vergleich beider der Reflexionsfaktor selbst ermittelt werden kann. Der Phasenwinkel zwischen diesen beiden Spannungen ist direkt gleich dem Phasenwinkel des Objekt-Reflexionsfaktors zuzüglich einem konstanten Winkel, der vom Abschluß der Hilfsleitung abhängt.

Die beiden Größen  $p_x$  und  $\varphi_x$  des komplexen Reflexionsfaktors  $\bar{p}_x$  sind im Smith-Diagramm, das zur direkten Sichtanzeige benutzt wird, linear enthalten.  $p_x$  ist ein Zeiger, dessen Länge für  $Z/Z_0 = 1$  gleich Null und für beliebige Reaktanzen gleich dem Radius des Diagramms ist.  $\varphi_x$  ist der Winkel dieses Zeigers gegen die reelle Achse zwischen  $R/Z_0 = 1$  und  $R/Z_0 = \infty$  und erreicht für  $Z/Z_0 = 0$  den Wert  $\pm 180^\circ$ . Zur Messung dieses Phasenwinkels werden die beiden Richtkopplerspannungen zunächst auf eine konstante Zwischenfrequenz umgesetzt und nach Verstärkung und Begrenzung den beiden Enden einer künstlichen Leitung aufgeprägt. Auf dieser entstehen bei gleich großen Amplituden beider ZF-Spannungen scharf ausgeprägte Minima, deren Distanz von den Leitungsenden eine lineare Funktion von  $\varphi_x$  ist. Um nun die lineare Funktion des Phasenwinkels im Diagramm und auf der künstlichen Leitung konstruktiv zu koordinieren, ist diese um das Diagramm herumgewickelt, das Diagramm um  $Z/Z_0 = 1$  drehbar gemacht und mit der Abtastsonde der künstlichen Leitung mechanisch gekuppelt. Zur Anzeige des Reflexionsfaktorbetrages  $p_x$  dient ein robustes Spiegelgalvanometer, das eine auf konstanter Basis zwischen  $Z/Z_0 = 1$  und dem Blindkreis wandernde Lichtmarke liefert. Der Standort dieser Lichtmarke ergibt nach Aufsuchen des Sondenminimums sofort  $Z/Z_0$ , wenn die Normalspannung auf eine rote Marke, d. h. ihren Sollwert eingestellt wird.

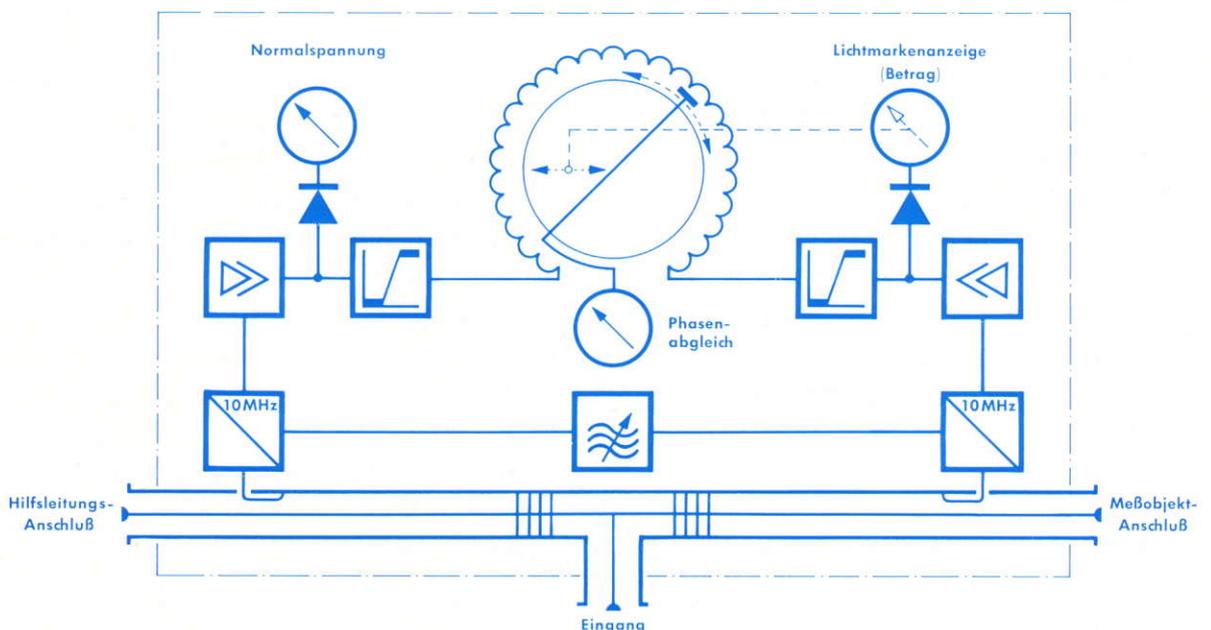
Eine besondere Nachlaufvorrichtung sorgt dafür, daß der eingebaute Überlagerer eventuellen Senderfrequenzschwankungen folgt, so daß Meßfehler von dieser Seite her weitgehend ausgeschaltet sind. Die eigentlichen Meßköpfe für die Hochfrequenz enthalten keine beweglichen Teile; das ist für die Reproduzierbarkeit der Resultate und die Betriebskonstanz des Gerätes von großer Bedeutung.

Um die Messung von strahlenden Meßobjekten zu ermöglichen, ist der Meßausgang seitlich angebracht, so daß eventuell aufzubauende Erdungsebenen beim Messen räumlich nicht stören, sondern vielmehr zur Entkopplung des Strahlungsvorganges von der messenden Person beitragen.

### Röhrenbestückung

Type ZDD: 14 x EF 80; 2 x EF 800; 2 x EA 50; 1 x EL 84; 1 x 85 A 2; 3 x PL 81; 2 x EZ 80; 1 x EC 55; 1 x EC 81

Type ZDU: 14 x EF 80; 2 x EF 800; 2 x EA 50; 1 x EL 84; 1 x 85 A 2; 2 x PL 81; 2 x EZ 80; 1 x EC 81



Prinzipschaltbild der Z-g-Diagrammen Type ZDU und ZDD

(Unten Meßkoaxial und Hilfskoaxial mit Meßanschlüssen, oben kreisförmige künstliche Leitung mit Abtastsonde)

**BERICHTIGUNG**

Es werden nur mehr die ZDU-Modelle mit dem erweiterten Frequenzbereich 30...420 MHz gefertigt.  
In dem Absatz »Als Meßgerät zur Bestimmung des Phasenwinkels zwischen zwei Spannungen gleicher Frequenz« bitte ergänzen: Fehlergrenzen . . ±1,5° bei ZDU, ±3° bei ZDD.

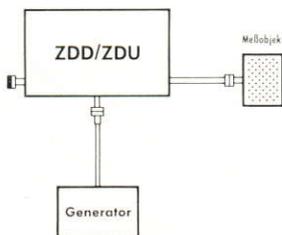
**Zubehör für die Z-g-Diagrammen Type ZDU und ZDD**

Mitgeliefertes Zubehör		für ZDU			für ZDD	
		50 Ω	60 Ω	75 Ω	50 Ω	60 Ω
Die rechts nebenstehend angegebene Bestellnummer des jeweiligen Meßgerätes schließt folgende Erstausrüstung an Zubehörteilen ein. Die Einzelbestellnummern bitte nur bei Nachbestellungen angeben.		BN 3561/50 BN 35610/50	BN 3561/60 BN 35610/60	BN 3561/75 BN 35610/75	BN 3562/50	BN 3562/60
Stück	Benennung					
1	Einspeisekabel; 75 cm	BN 9055/75	—	—	BN 9055/75	—
1	Einspeisekabel; 75 cm	—	BN 9055/75	—	—	BN 9055/75
1	Einspeisekabel; 75 cm	—	—	BN 9055/75	—	—
2	Kurzschlußdezifix B	FZ 434	FZ 434	FZ 434	—	—
2	Kurzschlußdezifix B	—	—	—	FZ 4341	FZ 4341
20	Diagrammblatt: Impedanz-Admittanz-Ebene (nach Wirk- und Blindanteil)					BN 35611/1709
20	Diagrammblatt: Impedanz-Admittanz-Ebene (nach Wirk- und Blindanteil, 3fach vergrößert)					BN 35611/2692
20	Diagrammblatt: Impedanz-Admittanz-Ebene (nach Betrag und Phase)					BN 35611/1659
20	Diagrammblatt: Ebene des Übertragungsmaßes					BN 35611/1658
20	Diagrammblatt: Ebene des kompl. Reflexionsfaktors					BN 35611/1657
1	Diagrammtasche (zur Aufbewahrung der Diagrammblätter)					BN 3561-46

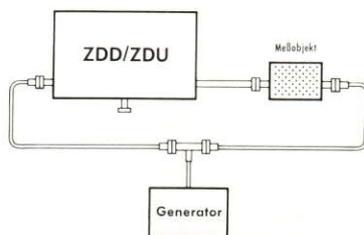
Die Kabel sind versehen mit Kurzhubstecker Dezifix B. Zubehör mit anderen Anschlüssen ist lieferbar. Bitte die gewünschte Type genau angeben.

Weiteres Meßzubehör	für ZDU			für ZDD	
	50 Ω	60 Ω	75 Ω	50 Ω	60 Ω
Zweipol-Meßkabelpaar 1 m	BN 35613/50/1	BN 35612/1	BN 35613/80/1	BN 35613/50/1	— BN 35612/1
Zweipol-Meßkabelpaar 2 m	BN 35613/50/2	BN 35612/2	BN 35613/80/2	BN 35613/50/2	— BN 35612/2
Zweipol-Meßkabelpaar 5 m	BN 35613/50/5	BN 35612/5	—	—	—
Reaktanzleitung 10 cm	BN 39510/50	BN 39510/60	BN 39510/75	BN 39510/50	BN 39510/60
Reaktanzleitung 50 cm	BN 39550/50	BN 39550/60	BN 39550/75	BN 39550/50	BN 39550/60
Vierpol-Einspeisung	BN 35615/550	BN 35614/660	BN 35615/880	BN 35615/550	BN 35614/660

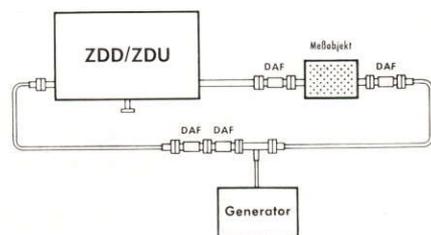
Anschlüsse: Kurzhubstecker Dezifix B. Zubehör mit anderen Anschlüssen ist lieferbar. Bitte die gewünschte Type genau angeben.



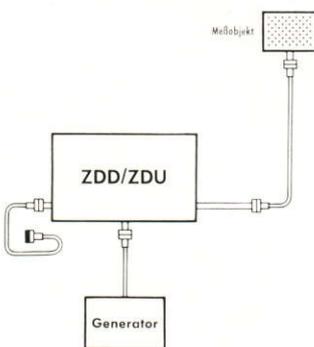
Messung von Impedanz und Admittanz



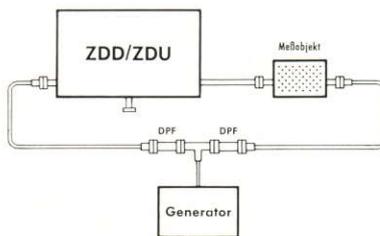
Vierpolmessung, grundsätzliche Anordnung. Die Einspeisung erfolgt bei allen Vierpolmessungen durch einen Einspeisekopf.



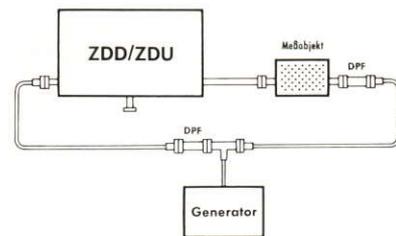
Vierpolmessung für den Fall  $Z_i = Z_a \neq Z_o$ . Die Meßanordnung ist durch entsprechende Anpassungsglieder erweitert, um den Vierpol an den Z-g-Diagrammen anzupassen.



Impedanzmessung bei einem schwer zugänglichem Meßobjekt. Die durch das Zubringerkabel hervorgerufene Phasenänderung wird durch ein am Hilfsleitungs-Anschluß angebrachtes Kabel gleicher elektrischer Länge aus dem Meßergebnis eliminiert.



Durch Dämpfungsglieder erweiterte Anordnung zur Vierpolmessung zur Vermeidung von Kabelrestfehlern bei hohen Frequenzen. Der Vierpol ist gut an das Kabel angepaßt. Das Dämpfungsglied ist am Einspeisekopf angebracht, um die im Meßkabel reflektierten Wellen zu unterdrücken.



Durch Dämpfungsglieder erweiterte Anordnung zur Vierpolmessung zur Vermeidung von Kabelrestfehlern bei hoher Frequenz. Der Vierpol ist schlecht an das Kabel angepaßt. Das Dämpfungsglied ist direkt am Vierpol angebracht, um diesem einen idealen Eingangswiderstand zu schaffen.

Geeignete Generatoren für die Z-g-Diagrammen ZDU und ZDD: Type SMLM, SLRD, SDR, SCR und SBR