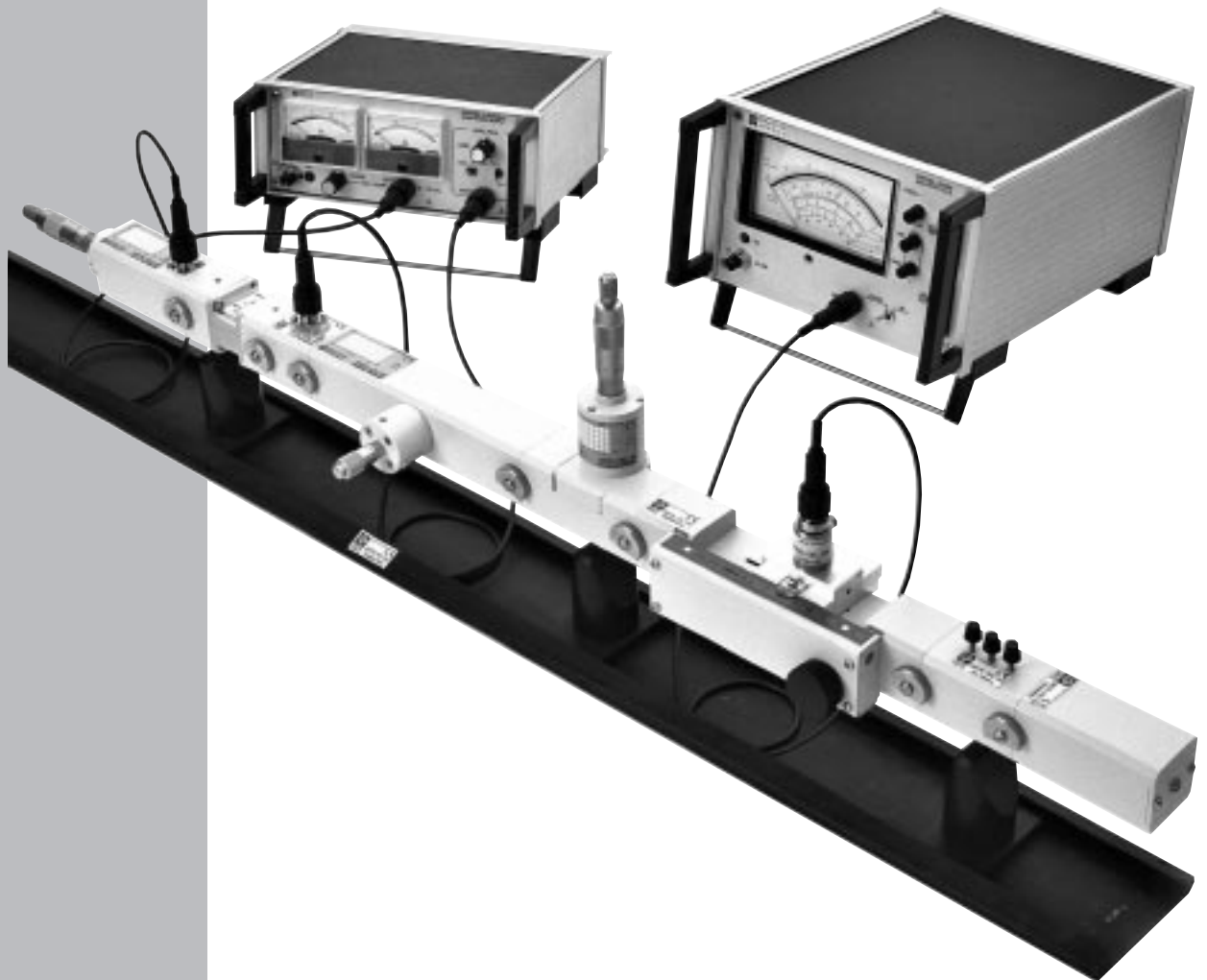


■ MIKROWELLEN-LEHRSYSTEM

# ORITEL BDH R100



DEUTSCH

Experimentieranleitung

**Bedeutung des Zeichens** :

**ACHTUNG! Lesen Sie die Experimentieranleitung, bevor Sie das Lehrsystem verwenden.**

Werden die Anweisungen in dieser Experimentieranleitung, denen dieses Symbol vorangestellt ist, nicht beachtet oder eingehalten, kann es zu Verletzungen von Menschen oder Beschädigungen des Geräts oder der Installationen kommen.

Wir danken Ihnen für das Vertrauen, dass Sie uns mit dem Kauf dieses **Mikrowellen-Lehrsystems ORITEL BDH-R100** entgegengebracht haben.

Damit die optimale Nutzung des Geräts gewährleistet ist:

- **lesen** diese Experimentieranleitung sorgfältig durch,
- **beachten** Sie die Sicherheitshinweise.

## **SICHERHEITSHINWEISE**

- Das Ferrit-Ventil ist mit Pfeil in Richtung zur Last anzubringen.
- Beim Anschließen des GUNN-Oszillators und des PIN-Modulators kann ein Vertauschen der Ausgangsanschlüsse und der Anschlüsse für die Stromversorgung zu einer Beschädigung der GUNN- und PIN-Dioden führen (siehe § 3.2).
- Die Leitungen und das Anschlusszubehör müssen den geltenden Normen entsprechen und für eine Spannung und eine Überspannungskategorie zugelassen sein, die mindestens denen des Stromkreises entspricht, an dem die Messungen durchgeführt werden.
- Lassen Sie um die Stromversorgung ORITEL CF 204A (Option) und den SWV-Messer ORITEL IR 205 (Option) herum einen Freiraum von ca. 1 cm zur Belüftung.
- Alle am Lehrsystem angeschlossenen Geräte, die mit Netzspannung betrieben werden, müssen geerdet sein.
- Am Schulungsplatz darf keine Spannung von mehr als 30 V gegenüber Erde vorhanden sein.
- Weitere Informationen zu den Sicherheitshinweisen und zur Verwendung der Unterbaugruppen finden Sie in den Anleitungen zu den jeweiligen Unterbaugruppen.

## **GARANTIE**

Unsere Garantie erstreckt sich auf eine Dauer von **zwölf Monaten** ab dem Zeitpunkt der Bereitstellung des Geräts (Auszug aus unseren allg. Verkaufsbedingungen. Erhältlich auf Anfrage).

# INHALT

<b>1. EINFÜHRUNG</b> .....	4
<b>2. VORSTELLUNG</b> .....	4
2.1 Bestandteile des Lehrsystems ORITEL BDH R100 .....	4
<b>3. TECHNISCHE DATEN</b> .....	5
3.1 Lehrsystem BDH R100 .....	5
3.2 Stromversorgung ORITEL CF 204A (Option) .....	5
3.3 GUNN-Oszillator ORITEL OSG 100 .....	5
3.4 Ferrit-Ventil ORITEL ISO 100 .....	5
3.5 PIN-Modulator ORITEL MOD 100 .....	6
3.6 Variables Dämpfungsglied mit Mikrometereinstellung ORITEL ATM 100 .....	6
3.7 Frequenzmesser ORITEL OND 100 .....	6
3.8 Schlitzleitung ORITEL LAF 100 .....	6
3.9 SWV-Messer ORITEL IR 205 (Option) .....	6
3.10 3-Schrauben-Transformator ORITEL ADZ 100/3 .....	7
3.11 Hohlleiter-Koax-Übergang ORITEL TGN 100 .....	7
3.12 Koaxial-Detektor ORITEL DEN 100 .....	7
3.13 Hohlleiterabschluss ORITEL CHG 100 .....	8
3.14 Kurzschlussplatte ORITEL CC 100 .....	8
3.15 Schnellbefestigung EASYFIX ORITEL AFR 100 .....	8
3.16 Mikrowellen-Milliwattmeter ORITEL MH 600 (Option) .....	8
3.17 Koaxialsonde mit Thermoelement ORITEL ST 613 (Option zur Verwendung mit Oritel MH 600) .....	8
3.18 Wegaufnehmer ORITEL RD 100 (Option für ORITEL LAF 100) .....	9
<b>4. INBETRIEBNAHME</b> .....	9
4.1 Aufbau des Lehrsystems .....	9
4.2 Montage des Wegaufnehmers ORITEL RD 100 (Option) .....	9
4.3 Inbetriebnahme und Verwendung der Stromversorgung ORITEL CF 204A (Option) .....	9
4.4 Inbetriebnahme und Verwendung des SWV-Messers ORITEL IR 205 (Option) .....	9
4.5 Inbetriebnahme des Milliwattmeters ORITEL MH 600 (Option) .....	9
<b>5. EXPERIMENTE</b> .....	10
5.1 Untersuchung des GUNN-Oszillators .....	10
5.2 Messung des Stehwellenverhältnisses .....	12
5.3 Messung der Wellenlänge .....	16
5.4 Impedanzmessung .....	18
5.5 Frequenzmessung .....	23
5.6 Aufstellung des Quadratgesetzes eines Detektors .....	24
5.7 Leistungsmessung .....	26
5.8 Dämpfungsmessung .....	26
<b>6. WARTUNG</b> .....	28
6.1 Reinigung .....	28
6.2 Messtechnische Überprüfung .....	28
<b>7. BESTELLANGABEN</b> .....	29

# 1. EINFÜHRUNG

Eine steigende Nachfrage nach Schulungseinrichtungen für die Mikrowellentechnik hat den Unternehmensbereich ORITEL von CHAUVIN ARNOUX dazu geführt, speziell für Schulungszwecke konzipierte Messeinrichtungen zu entwickeln.

Der seit vielen Jahren auf Höchstfrequenz-Bauteile und -Systeme spezialisierte Unternehmensbereich ORITEL hat sich zur Aufgabe gemacht, die verschiedenen Elemente für solche Lehrsysteme zu vereinfachen. Diese Techniken stehen deshalb jetzt einer großen Zahl von Interessierten zur Verfügung.

**Das Lehrsystem ORITEL BDH R100**, ausgeführt als Wellenleiter R100/WR90 (8,5 bis 9,6 GHz), ermöglicht eine Durchführung der häufigsten Messungen und kann durch andere Bauteile und optional erhältliches Zubehör ergänzt werden, so dass eine große Zahl zusätzlicher Experimente aufgebaut werden kann, zu denen die folgenden Untersuchungen gehören:

- Zirkulator,
- Richtungskoppler,
- Ausbreitung,
- Gewinn und Strahlungsdiagramm einer Antenne.

Das Frequenzband: 8,5 GHz bis 9,6 GHz ( $\lambda = 3$  cm) wurde einerseits aus Gründen der wichtigen Entwicklungen in diesem Frequenzbereich gewählt, andererseits wegen der kleinen Abmessungen der Bauteile.

Weitere Bauteile aus dem Katalog von CHAUVIN ARNOUX können auf Anfrage geliefert werden.

Die vorliegende Anleitung soll kein Kurs für Höchstfrequenzmessungen sein, ihre Aufgabe ist es, anhand von einigen Beispielen die Möglichkeiten des Lehrsystems ORITEL BDH-R100 aufzuzeigen.

Hierbei ist anzumerken, dass dieses Lehrsystem über eine innovative Besonderheit verfügt, die das Zusammensetzen der verschiedenen Elemente beträchtlich vereinfacht: Das Schnellbefestigungssystem **EASYFIX**, das mit einer einzigen Handbewegung die Verbindung beliebiger Mikrowellen-Komponenten (R100/WR90) ermöglicht.



Fixation rapide EASYFIX

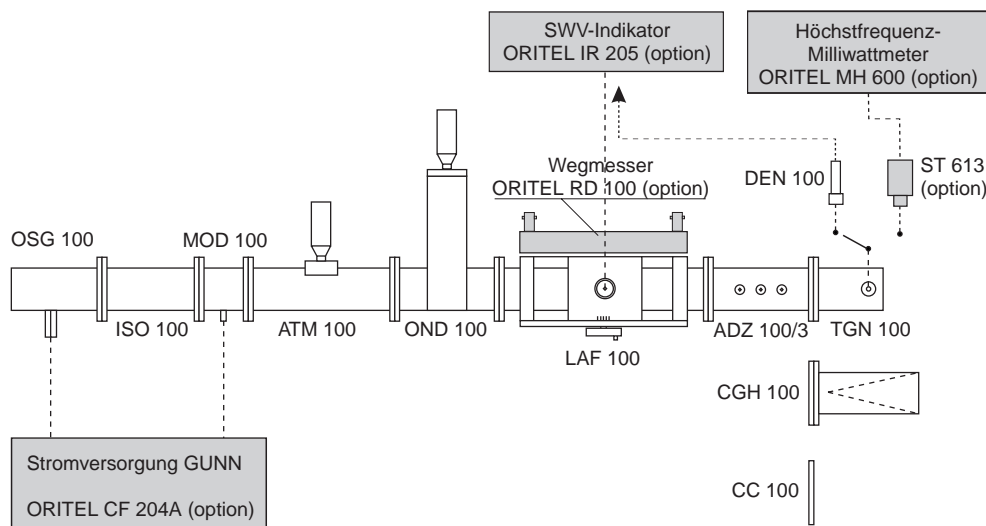
## 2. VORSTELLUNG

Das Lehrsystem besteht aus Mikrowellen-Komponenten in Hohlleitertechnik R100/WR90 (8,5 bis 9,6 GHz) und ist im Blockschaltbild unten dargestellt.

Das Lehrsystem ermöglicht die Durchführung folgender Experimente:

- Untersuchung des GUNN-Oszillators
- Messung des Stehwellenverhältnisses
- Messung der Wellenlänge
- Impedanzmessung
- Frequenzmessung
- Aufstellung des Quadratgesetzes eines Detektors
- Leistungsmessung

### 2.1 Bestandteile des Lehrsystems ORITEL BDH R100



**Hinweis:** Die grau dargestellten Unterbaugruppen werden als Option geliefert.

## 3. TECHNISCHE DATEN

### 3.1 Lehrsystem BDH R100

- Frequenz: 8,5 bis 9,6 GHz
- Hohlleiter: R100
- Anschlussflansch: UBR 100
- Verbindung über Schnellbefestigung EASYFIX (siehe § 4.1)
- Verpackt in einem Aufbewahrungskoffer
- Abmessungen / Gewicht: 540 x 130 x 430 mm / 7 kg
- Elektromagnetische Verträglichkeit: NF EN 61326-1, Klasse B, Ausg. 98

**Anmerkung:** Die technischen Daten der Komponenten des Lehrsystems finden Sie in den folgenden Paragraphen.

### 3.2 Stromversorgung ORITEL CF 204A (Option)

Diese Stromversorgung wurde speziell für den GUNN-Dioden-Oszillator ORITEL OSG 100 und den PIN-Modulator MOD 100 entwickelt.

Sie liefert:

- eine von 0 bis 10 V einstellbare Gleichspannung,
- Rechtecksignale einer um 1 kHz einstellbaren Frequenz zur Modulation des von der GUNN-Diode gelieferten Mikrowellensignals.

#### Stromversorgung des GUNN-Oszillators

- Gleichspannung einstellbar von 0 V bis 10 V
- Regelgenauigkeit: besser als  $\pm 1 \times 10^{-3}$
- Strom: eingebaute Begrenzung auf max. 1,2 A
- Ausgangsanschluss mit BNC-Buchse

#### Stromversorgung des Modulators-Dämpfungsgliedes mit PIN-Diode

- Gleichstrom: einstellbar von 0 mA bis + 10 mA
- Amplitudenmodulation: Rechtecksignale 0 mA bis + 10 mA  
Frequenz 1 kHz  $\pm 1,5$  % (auf der Frontplatte einstellbar)
- Ausgangsanschluss mit BNC-Buchse

#### Allgemeine Daten

- Netzspannung: 115 oder 230 V  $\pm 10$  %, 40 bis 60 Hz
- Verbrauch: ca. 35 VA
- Abmessungen (L x H x T): 240 x 100 x 215 mm
- Gewicht: ca. 2,4 kg



### 3.3 GUNN-Oszillator ORITEL OSG 100

Der GUNN-Oszillator ist die Mikrowellen-Energiequelle des Lehrsystems ORITEL BDH-R100. Dieser Oszillator besteht aus einem Hohlleiter-Teilstück, von dem ein Ende durch einen Kurzschluss abgeschlossen ist, und ist mit Hilfe einer Mikrometerschraube auf eine Frequenz von 8,5 bis 9,6 GHz einstellbar.

- Frequenz: 8,5 bis 9,6 GHz
- Ausgangsleistung: > 17 dBm
- Versorgungsspannung: 10 V Gleichspannung
- Hohlleiter: R100
- Anschlussflansch: UBR 100
- Versorgungsanschluss: BNC-Buchse
- Gewicht: 535 g
- Abmessungen: 53 x 59 x 225 mm



### 3.4 Ferrit-Ventil ORITEL ISO 100

Das Ferrit-Ventil dient zum Schutz des GUNN-Oszillators gegen Änderungen der Lastimpedanz und gegen Fehlanpassungen durch den PIN-Modulator.

Das Ferrit-Ventil lässt die Mikrowellen-Energie ohne Dämpfung in der Richtung Oszillator-Last passieren und produziert eine starke Dämpfung in umgekehrter Richtung.

- Frequenz: 8,5 bis 9,6 GHz
- Einfügungsverlust: < 1 dB
- Entkopplung: > 20 dB
- SWV:  $\leq 1,25$
- Hohlleiter: R 100



- Anschlussflansch: UBR 100
- Gewicht: 650 g (mit 2 Adaptern Schnellbefestigung *EASYFIX*)
- Abmessungen: 99 x 46 x 87 mm

### 3.5 PIN-Modulator ORITEL MOD 100

Der PIN-Modulator ermöglicht eine Modulation der vom GUNN-Oszillator erzeugten Mikrowellen mit einem Rechtecksignal von 1 kHz.

- Frequenz: 8,5 bis 9,6 GHz
- Einfügungsverlust: < 1 dB
- Modulationsgrad: > 20 dB zwischen 8,5 und 9,6 GHz
- Hohlleiter: R 100
- Anschlussflansch: UBR 100
- Gewicht: 200 g
- Abmessungen: 51 x 57,5 x 68 mm



### 3.6 Variables Dämpfungsglied mit Mikrometereinstellung ORITEL ATM 100

Das in Hohlleitertechnik ausgeführte variable Dämpfungsglied ermöglicht die Dosierung der über die Leitung übertragenen Energie und die Vergleichsmessung von Pegeln in dB. Die Mikrometer-Steuerung zur Änderung des Pegels sichert eine hohe Präzision und eine gute Wiederholbarkeit der Einstellungen.

- Frequenz: 8,5 bis 9,6 GHz
- Max. Dämpfung: 20 dB
- SWV: 1,2 von 8,5 bis 9,6 GHz
- Max. zulässige Leistung: 1 W Mittelwert.
- Hohlleiter: R100
- Anschlussflansch: UBR 100
- Gewicht: 800 g
- Abmessungen: 191 x 100 x 41,5 mm

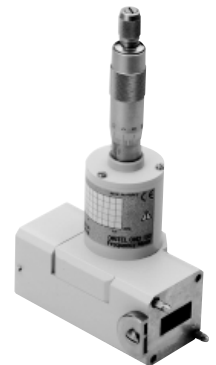


### 3.7 Frequenzmesser ORITEL OND 100

Der Frequenzmesser, bestehend aus einem an einen Hohlleiter mit Hilfe einer Irisblende angekoppelten Hohlraum, misst die Frequenz der vom Oszillator-Aufbau abgegebenen Energie.

Die Einstellung der Größe des Hohlraums erfolgt über ein Mikrometer mit Millimetereinteilung. Eine Eichkurve gibt die Abstimmfrequenz des Hohlraums in Abhängigkeit von der Millimetereinteilung an.

- Frequenz: 8,5 bis 9,6 GHz
- Einstellgenauigkeit: 5 MHz
- Absolute Genauigkeit:  $10^{-3}$
- Hohlleiter: R100
- Anschlussflansch: UBR 100
- Gewicht: 585 g
- Abmessungen: 101 x 166 x 57,5 mm

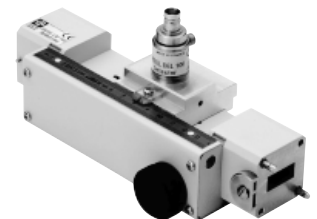


### 3.8 Schlitzleitung ORITEL LAF 100

Die Schlitzleitung ermöglicht die Messung von Amplitude und Phase von Stehwellen und damit die Durchführung von Impedanzmessungen.

Eine mit Detektor-Sonde, angebracht auf einem Messschlitten, taucht durch einen Längsschlitz in den Leiter ein, entnimmt einen Teil der Energie und detektiert sie. Der Messschlitten ermöglicht eine Verschiebung über die gesamte Länge des Schlitzes.

- Frequenz: 8,5 bis 9,6 GHz
- Rest-SWV: < 1,05 zwischen 8,5 und 9,6 GHz
- Hohlleiter: R100
- Anschlussflansch: UBR 100
- Gewicht: 1.080 g
- Abmessungen: 57 x 87 x 218 mm



### 3.9 SWV-Messer ORITEL IR 205 (Option)

Der SWV-Messer ist ein selektives Verstärker-Voltmeter mit einer um 1000 Hz einstellbaren Frequenz.

Dieses Messgerät kann für die Durchführung von vier Hauptfunktionen verwendet werden:

- Messung des Stehwellenverhältnisses (SWV) mit Hilfe einer Messleitung
- Messung von Einfügungsverlust oder Dämpfung
- Nullanzeige für eine Messbrücke
- Anzeige des von einer Antenne empfangenen Feldes



Das Gerät ist für den Anschluss an einen quadratischen Detektor vorgesehen und das am Eingang des Detektors anliegende Mikrowellensignal muss mit 1 kHz amplitudenmoduliert sein.

- Betriebs-Nennfrequenz: 1000 Hz (einstellbar über  $\pm 2,5\%$ )
- Überspannungskoeffizient des Verstärkers: einstellbar zwischen 15 und 60
- Max. Empfindlichkeit bei Vollausschlag: ca.  $1\ \mu\text{V}$  eff in der Position „dB erweitert“  
 $2\ \mu\text{V}$  in der Position „dB“ (normal)
- Hintergrundrauschen:  $\leq 10\%$  des Gesamtwertes in der Position „60 dB“, Einstellung der Verstärkung auf maximal
- Eichung in dB: anhand eines Quadratgesetzes
- Messumfang: 0 bis 60 dB im Bereich „dB“, 10 dB im Bereich „dB erweitert“
- Einstellung der Verstärkung (1): ca. 15 dB mit Einstellungen „Grob“ und „Fein“
- Ablesebereiche
  - Normal : „SWV“ von 1 bis 4 und von 3,2 bis 10 und „dB“ von 0 bis + 10 dB
  - Erweitert : „SWV“ von 1 bis 1,3 und „dB“ von 0 bis + 2,5 dB
  - Linear : 0 bis 100
  - dB erweitert : 2,5 dB im gesamten Messbereich
- Genauigkeit (am eingebauten Dämpfungsglied): Besser als  $\pm 0,2$  dB für jeden Sprung von 10 dB
- Gesamtgenauigkeit:  $\leq 2$  dB für den gesamten Bereich von 10 bis 60 dB
- Lineare Eichgenauigkeit (2): besser als  $\pm 5\%$  der Gesamtabweichung
- Eingangsimpedanz: ca. 100 k $\Omega$
- Eingangsanschluss: BNC-Buchse
- Netzspannung: 115 / 230 V  $\pm 10\%$ , 40 bis 60 Hz
- Betriebstemperatur: + 10 bis +45°C
- Abmessungen / Gewicht: 215 x 145 x 320 mm / 4,2 kg

(1) Justierung des Referenzpegels oder Abgleich

(2) Bei der Abstimmfrequenz

### 3.10 3-Schrauben-Transformator ORITEL ADZ 100/3

Bei diesem Komponent handelt es sich um ein Hohlleiter -Teilstück mit 3 Schrauben, mit dem Impedanz-Fehlanpassungen im Frequenzbereich von 8,5 bis 9,6 GHz realisiert werden können.

- Frequenz: 8,5 bis 9,6 GHz
- Hohlleiter: R100
- Anschlussflansch: UBR 100
- Gewicht: 254 g
- Abmessungen: 53 x 57 x 60 mm



### 3.11 Hohlleiter-Koax-Übergang ORITEL TGN 100

Der Hohlleiter-Koax-Übergang dient dem angepassten Leistungsübergang von Hohlleiter zu Koaxleitung über eine N-Buchse.

- Frequenz: 8,5 bis 9,6 GHz
- SWV:  $< 1,25$  von 8,5 bis 9,6 GHz
- Hohlleiter: R100
- Anschlussflansch: UBR 100
- Anschluss: „N“ Buchse
- Gewicht: 180 g
- Abmessungen: 56,5 x 53 x 41,5 mm



### 3.12 Koaxial-Detektor ORITEL DEN 100

Dieses Element ermöglicht eine Konvertierung der modulierten Mikrowellen-Energie in ein Signal mit niedriger Frequenz oder der Frequenz Null. Die Detektion erfolgt über eine Schottky-Diode, über einen BNC-Koaxialanschluss wird das den detektierten Strom messende Gerät angeschlossen.

Angebracht am Hohlleiter-Koax-Übergang ORITEL TGN 100 ermöglicht es den Aufbau eines Detektors für Wellenleiter R100 / WR90.

- Frequenz: 8,5 bis 9,6 GHz
- SWV:  $< 1,25$  von 8,5 bis 9,6 GHz
- Max. Leistung: 19 dBm
- Eingangsanschluss: „N“-Stecker
- Ausgangsanschluss: „BNC“-Buchse
- Gewicht: 65 g
- Abmessungen:  $\varnothing 21$  x 62 mm



### 3.13 Hohlleiterabschluss ORITEL CHG 100

Dieser Hohlleiterabschluss, ausgeführt als gerader geschlossener Hohlleiter, in dem sich ein Verbraucher-element befindet, ermöglicht die Terminierung der Leitung mit ihrer Wellenimpedanz .

- Frequenzband: 8,5 bis 9,6 GHz
- SWV: < 1,05
- max. Leistung: 4 W
- Hohlleiter: R100
- Anschlussflansch: UBR 100
- Gewicht: 349 g
- Abmessungen: 101 x 166 x 57,5 mm



### 3.14 Kurzschlussplatte ORITEL CC 100

Diese Platte ermöglicht die Realisierung eines perfekten Kurzschlusses in der Referenzebene der als Hohlleiter R 100 ausgeführten Übertragungsleitung.

- Frequenzband: 8,5 bis 9,6 GHz
- Hohlleiter: R100
- Anschlussflansch: UBR 100
- Gewicht: 25 g

### 3.15 Schnellbefestigung EASYFIX ORITEL AFR 100

Diese Baugruppe ermöglicht ein schnelles Zusammensetzen von 2 Hohlleiter-Komponenten .

- Gewicht: 95 g
- Abmessungen: 41,5 x 41,5 x 23 mm



### 3.16 Mikrowellen-Milliwattmeter ORITEL MH 600 (Option)

Dieses digitale Mikrowellen-Milliwattmeter:

- misst die Leistung mit einer Dynamik von 50 dB in dBm oder mW und Leistungsabweichungen in dB oder % in den Bändern LF, HF, UHF und SHF,
- verwendet die Sonden mit Thermoelement der Reihe ORITEL ST 600, die Sonden mit Schottky-Diode der Reihe ORITEL SD 600,
- ist kompatibel mit Sonden der Familie HP 8480.

**Messbereich** (je nach verwendeter Sonde): 100 kHz bis 50 GHz

- 70 dBm bis + 44 dBm, 100 pW bis 25 W

#### Messeinheiten

Watt, dBm oder dB und % im Verhältnis zu einer Referenzleistung

#### Messdynamik

50 dB in 5 Bereichen von 10 dB

#### Genauigkeit <sup>(1)</sup>

Der Messung:  $\pm 0,5\%$  des Wertes des gesamten Ausschlags in mW, oder  $\pm 0,02$  dB im Modus logarithmisch

#### Referenzleistung <sup>(1)</sup>

1 mW / 50  $\Omega$  / 50 MHz

Genauigkeit:  $\pm 1\%$  (nach 1/2 Stunde Vorwärmzeit)

Stabilität:  $\pm 1,2\%$  pro Jahr

Ausgang Aufzeichnungsgerät

0 bis 1 V/1 k $\Omega$  bei einem Ausschlag über den gesamten Bereich

BNC-Anschluss

**Programmierung:** Entsprechend Norm IEC 625 (kompatibel zu IEEE 488)

**Versorgung über Netzanschluss:** 115 / 230 V, 48 Hz bis 420 Hz, 15 VA

**Versorgung über externe Gleichspannung:** 24 V (20 bis 30 V)

**Abmessungen / Gewicht:** 210 x 88 x 300 mm / 3,5 kg

<sup>(1)</sup> Bei stabilen Einsatzbedingungen von 25°C  $\pm$  2°C

<sup>(2)</sup> In % des gesamten Ausschlags im empfindlichsten Bereich über eine Dauer von 1 Stunde bei konstanter Temperatur, 24 Stunden nach dem Einschalten.



### 3.17 Koaxialsonde mit Thermoelement ORITEL ST 613 (Option zur Verwendung mit Oritel MH 600)

Die Messsonde ORITEL ST 613 bildet eines der Mikrowellen-Messkomponenten des digitalen Milliwattmeters ORITEL MH 600 (Option). Diese Sonde verwendet ein Mikrowellen-Thermoelement in Dünnschichttechnik.

Sie wird zusammen mit einer Korrekturfaktor-Tabelle geliefert.

- Frequenzbereich: 10 MHz bis 18 GHz
- Messdynamik: 1  $\mu$ W bis 100 mW
- SWV: 1,25 von 10 bis 12 GHz
- Anschluss: N-Stecker



### 3.18 Wegaufnehmer ORITEL RD 100 (Option für ORITEL LAF 100)

Diese Option ermöglicht die Aufzeichnung des erkannten Pegels als Funktion der Verschiebung des Messschlittens auf der Schlitzleitung ORITEL LAF 100.

## 4. INBETRIEBNAHME

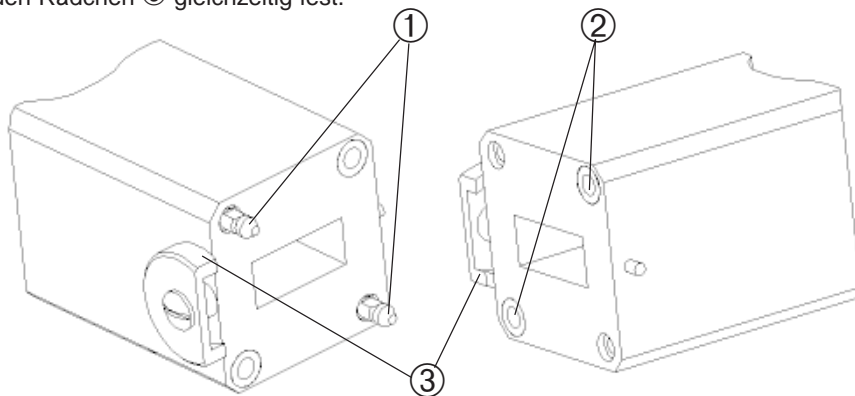
### 4.1 Aufbau des Lehrsystems

Der Aufbau der verschiedenen Komponenten hängt von den Messungen ab, die durchgeführt werden sollen. Er wird zu jedem der in dieser Anleitung beschriebenen Experimente angegeben.

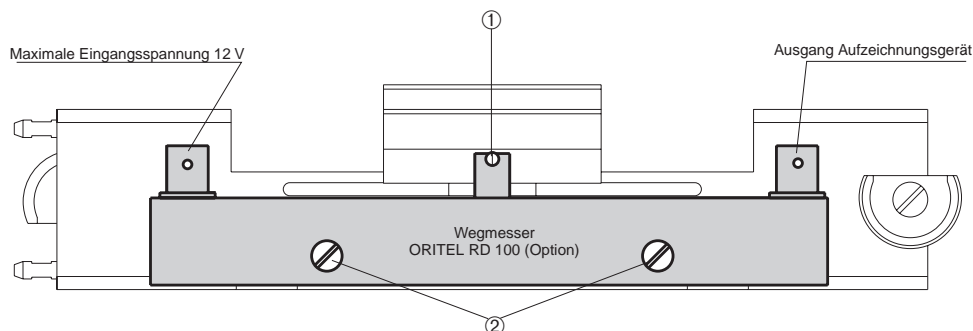
Als allgemeine Regel, egal für welche Messung, gilt, dass unbedingt der Isolator direkt nach dem GUNN-Oszillator angebracht werden muss, damit die Frequenz- und Leistungsstabilität des Oszillators durch eine nach dem Ferrit-Ventil angebrachte Impedanz gar nicht oder nur wenig beeinflusst wird.

#### Verwendung der EASYFIX-Schnellbefestigung

- Richten Sie die zu verbindenden Elemente so aus, dass sich die Zentrierstifte ① genau gegenüber den Bohrungen ② befinden.
- Drehen Sie die beiden Rädchen ③ gleichzeitig fest.



### 4.2 Montage des Wegaufnehmers ORITEL RD 100 (Option)



- Lösen Sie an der Messleitung die Schraube ①
- Setzen Sie den Wegaufnehmer vor die beiden Bohrungen zu den Schrauben ②
- Setzen Sie die Teile zusammen und ziehen Sie die Schrauben ① und ② fest

### 4.3 Inbetriebnahme und Verwendung der Stromversorgung ORITEL CF 204A (Option)

Informationen siehe zugehörige Bedienungsanleitung

### 4.4 Inbetriebnahme und Verwendung des SWV-Messers ORITEL IR 205 (Option)

Informationen siehe zugehörige Bedienungsanleitung

### 4.5 Inbetriebnahme des Milliwattmeters ORITEL MH 600 (Option)

Informationen siehe zugehörige Bedienungsanleitung

# 5. EXPERIMENTE

## 5.1 Untersuchung des GUNN-Oszillators

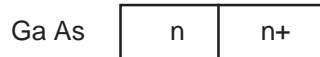
### 5.1.1 Einführung

Das Ziel dieser Experimente ist es, die charakteristischen Kurven aufzunehmen, die die wichtigsten Betriebsparameter der GUNN-Diode und des GUNN-Oszillators verknüpfen:

- Aufnahme der Strom-Spannungs-Kennlinie der GUNN-Diode
- Aufnahme der Kennlinie Verschiebung-Frequenz des GUNN-Oszillators
- Aufnahme der Kennlinie Leistung-Frequenz des GUNN-Oszillators (Option)

### 5.1.2 Theoretische Grundlagen

Die Vorrichtungen mit GUNN-Effekt funktionieren wie ein Oszillator mit Elektronentransfer innerhalb eines Blocks aus Galliumarsenid (AsGa), schematische Darstellung siehe unten.



Er kann als Diode angesehen werden, enthält aber keinen p-n-Übergang und weist deshalb keine Gleichrichtungscharakteristik auf.

Seine Funktion basiert auf dem Vorhandensein einer Raumladung (eines elektrischen Bereichs), die den Halbleiter während der Zyklen des Oszillationsstroms jeweils von der Kathode zur Anode durchläuft. Der Effekt ist deshalb an eine Transitzeit gebunden.

Die in einem Resonanz-Hohlraum angebrachte Diode mit GUNN-Effekt wird als aktives Element zur Produktion der Mikrowellen verwendet. Sie kann deshalb als eine Vorrichtung angesehen werden, die eine niedrige Gleichspannung in Mikrowellen-Energie umwandelt.

Das Volumen des Hohlraums bestimmt dabei die Oszillationsfrequenz.

### 5.1.3 Aufnahme der Strom-Spannungs-Kennlinie

Die Kennlinie „Strom-Spannung“ der GUNN-Diode besitzt einen Bereich mit negativer Dynamik (siehe Abb. 3-1)

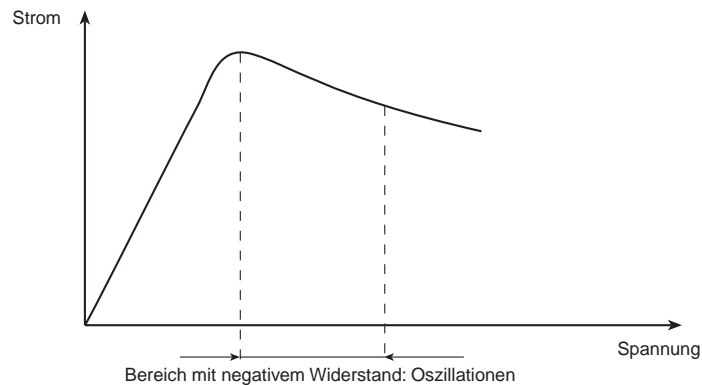


Abbildung 3-1

Der in Abbildung 3-2 realisierte Aufbau ermöglicht die Aufnahme der Kennlinie und das Herausheben des charakteristischen Verhaltens.

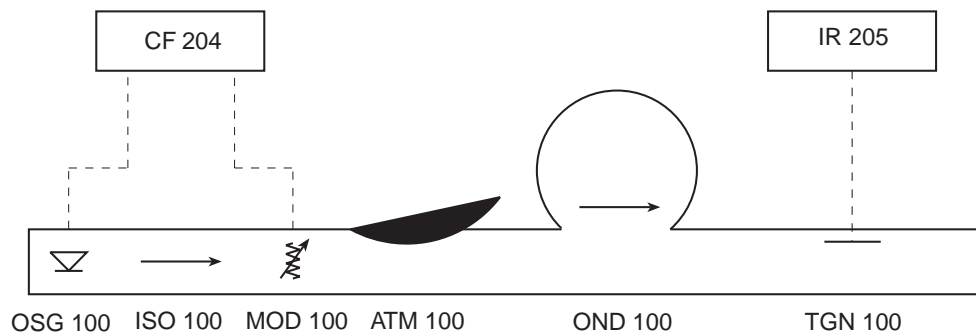


Abbildung 3-2

Gehen Sie nach Realisierung des Aufbaus folgendermaßen vor:

- Drehen Sie den Stellknopf für die Spannung „OSC GUNN“ der Stromversorgung CF 204 entgegen den Uhrzeigersinn bis an den Anschlag (Versorgungsspannung  $\geq 0$  V).
- Erhöhen Sie die Spannung nach und nach in Schritten von 0,5 V und lesen Sie den zugehörigen Strom ab (direktes Ablesen an den Galvanometern der Stromversorgung CF 204A).
- Zeichnen Sie die Kennlinie „Strom-Spannung“ der GUNN-Diode und vergleichen Sie sie mit der aus Abbildung 3-1.

#### 5.1.4 Aufnahme der Kennlinie Verschiebung-Frequenz des GUNN-Oszillators

Wir führen die Frequenzmessungen der vom GUNN-Oszillator erzeugten Welle durch, um daraus die Kennlinie „Verschiebung-Frequenz“ zu ermitteln; die Resonanzfrequenz hängt nämlich vom Volumen des Hohlraums ab, der durch die Position des beweglichen Kurzschlusses bestimmt wird.

Die Einstellung der Frequenz erfolgt folgendermaßen:

- Schauen Sie auf der Eichkurve des Frequenzmessers OND 100 nach und stellen Sie seinen Mikrometer auf den Wert der gewünschten Frequenz ein.
- Drehen Sie den Einstell-Mikrometer des GUNN-Oszillators so weit, bis eine Frequenzabstimmung vorliegt und nehmen Sie den Punkt „Verschiebung-Frequenz“ auf.
- Tragen Sie die aufgenommenen Punkte „Verschiebung-Frequenz“ in eine Grafik ein und zeichnen Sie die Kurve.

#### HINWEIS:

- Die Drehung des Mikrometers muss im Uhrzeigersinn erfolgen, wenn die Oszillatorfrequenz zu niedrig ist, und in entgegengesetzter Richtung, wenn sie zu hoch ist.
- Bei Annäherung an die Resonanzfrequenz sollten Sie den Mikrometer langsam verstellen.

#### 5.1.5 Aufnahme der Kennlinie Leistung-Frequenz des GUNN-Oszillators (Option)

Nehmen Sie auf gleiche Weise die Kennlinie der Leistung als Funktion der Oszillationsfrequenz auf und zeichnen Sie die zugehörige Kurve.

Führen Sie den in Abbildung 3.3. gezeigten Aufbau durch.

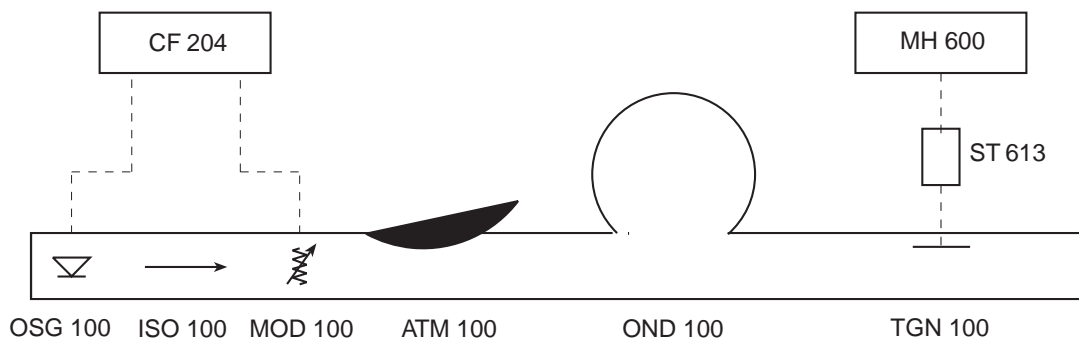


Abbildung 3.3.

- Stellen Sie das Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 auf 10 dB.
- Erhöhen Sie an der Stromversorgung ORITEL CF 204 die Modulation mit Rechtecksignalen und entfernen Sie die Dämpfung mit Hilfe des Pegel-Einstellknopfes.
- Schalten Sie die Stromversorgung ORITEL CF 204 ein.
- Lesen Sie die vom Milliwattmeter ORITEL MH 600 angezeigte Leistung ab.
- Multiplizieren Sie diesen Wert mit 10, um die vom GUNN-Oszillator tatsächlich gelieferte Leistung zu erhalten, da Sie die durch das Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 eingeführte Dämpfung von 10 dB berücksichtigen müssen.
- Messen Sie mit Hilfe des Frequenzmessers ORITEL OND 100 die vom GUNN-Oszillator gelieferte Frequenz.
- Tragen Sie die gemessene Leistung als Funktion von der Frequenz in eine Grafik ein.
- Nehmen Sie mehrere Punkte innerhalb des Frequenzbandes auf: 8,5 GHz - 9,6 GHz.

## 5.2 Messung des Stehwellenverhältnisses

### 5.2.1 Einführung

Das Stehwellenverhältnis SWV (oder SWR in englisch) ist ein allgemein zur Charakterisierung einer Lastimpedanz an einer Leitung verwendeter Parameter, genauso wie der Spannungs-Reflexionskoeffizient, mit dem es verknüpft ist.

Mit Hilfe der Messleitung lässt sich das SWV leicht ermitteln.

### 5.2.2 Theoretische Grundlagen

#### ■ Definition

Die Spannung  $E$  an einem beliebigen Punkt einer Übertragungsleitung kann als die Summe

$$E_i + E_r$$

der Spannungen von einfallender ( $E_i$ ) und reflektierter Welle ( $E_r$ ) an diesem Punkt angesehen werden. Daraus ergibt sich eine Spannungsverteilung auf der Leitung, die man als „Stehwelle“ bezeichnet.

An bestimmten Punkten der Leitung liegen die Spannungen der beiden Wellen  $E_i$  und  $E_r$  in Phase und addieren sich, sie bilden somit Spannungsmaxima; an anderen Punkten haben sie eine entgegengesetzte Phasenlage und löschen sich gegenseitig aus, sie bilden also Minima.

Die Differenz zwischen den Maxima und Minima ist umso größer, je mehr sich die Lastimpedanz  $Z$  vom Wert der charakteristischen Wellenimpedanz der Leitung  $Z_0$  entfernt.

Für den Sonderfall  $Z = Z_0$  gibt es keine Stehwellen, die Amplitude der Spannung ist über die gesamte Leitung konstant.

Der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Minima oder Maxima ist gleich der Hälfte der Wellenlänge  $\lambda_g$  in der Leitung, also  $\lambda_g/2$ .

Während des Weges  $\lambda_g/2$  erfährt eine einzelne Welle eine Phasenverschiebung von  $\pi$  Radiant.

Das Verhältnis zwischen einem Spannungsmaximum und einem Spannungsminimum wird „Stehwellenverhältnis“ (SWV) genannt.

$S$  sei dieser Parameter.

$$S = \frac{E \text{ max.}}{E \text{ min.}} = \frac{|E_i| + |E_r|}{|E_i| - |E_r|} = \frac{1 + |E_r/E_i|}{1 - |E_r/E_i|}$$

Das komplexe Verhältnis der reflektierten Welle zur einfallenden Welle wird Spannungs-Reflexionskoeffizient genannt und durch das Symbol „ $\Gamma$ “, gekennzeichnet.

$$\Gamma = \frac{E_r}{E_i}$$

Die Verknüpfung zwischen dem Wert des Spannungs-Reflexionskoeffizienten und dem Stehwellenverhältnis  $S$  lautet:

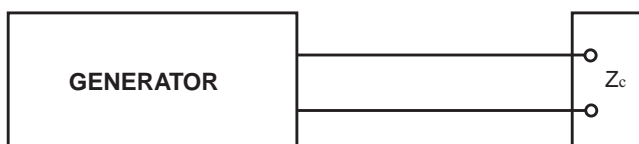
$$\Gamma = \frac{S - 1}{S + 1}$$

$$S = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

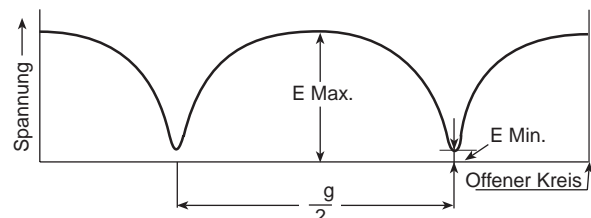
Hat die Leitung keine Dämpfung, ist das Stehwellenverhältnis überall gleich und sein Wert wird über den Impedanz-Reflexionskoeffizienten der Last festgelegt.

Hat die Leitung aber Verluste, verringert sich das Stehwellenverhältnis, je näher man an die Last kommt.

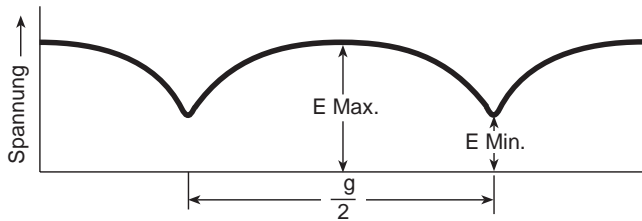
#### ■ Verteilung der Stehwellen in Abhängigkeit von den Lasten



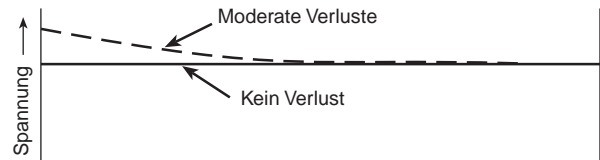
a) Leitung mit Generator und Last



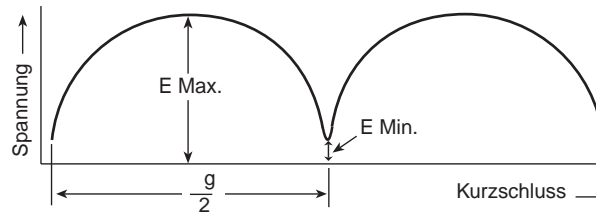
b) Last bei offenem Kreis:  $Z_c = \infty$



c) Lastimpedanz leicht erhöht:  $\infty < Z_c < Z_0$



d) Lastimpedanz gleich Wellenimpedanz :  $Z_c = Z_0$



e) Lastimpedanz kurzgeschlossen:  $Z_c = 0$

### ■ Prozentsatz der reflektierten Leistung in Abhängigkeit vom SWV.

Die Stehwelle wird dadurch erzeugt, dass eine einfallende Welle von der Lastimpedanz reflektiert wird.

Diese reflektierte Leistung, die nicht von der Last absorbiert wird, kann für die Übertragung als verloren angesehen werden.

Es ist deshalb interessant, diese verlorene Leistung in Abhängigkeit vom Stehwellenverhältnis zu beziffern.

Der Verlust kann durch den Leistungs-Reflexionskoeffizienten "p" dargestellt werden, der einem Prozentsatz der reflektierten Leistung im Verhältnis zur einfallenden Leistung entspricht:

$$|\rho| = 100 \left| \frac{E_r}{E_i} \right|^2$$

da die der einfallenden und reflektierten Welle zugehörige Leistung sich mit dem Quadrat der Feldstärke ändert.

$$|\rho| = 100 \left| \frac{S - 1}{S + 1} \right|^2$$

### ■ Verwendung einer Schlitzleitung zur Messung des SWV.

Man weiß, dass das Stehwellenverhältnis einer Übertragungsleitung von der von der Leitung gesehenen Last und von ihrer Wellenimpedanz abhängt. Die daraus resultierende Stehwelle wird mit Hilfe eines Wellenleiterabschnitts detektiert, der auf der großen Seite über einen Längsschlitz verfügt.

Die Messsonde wird durch einen Messschlitten beweglich gemacht.

Die Aufgabe der Sonde ist die Messung der Spannung entlang der Leitung. Sie besteht aus einem koaxialen Leitungselement, von dem ein Ende als Antenne dient. Diese dringt durch den Schlitz parallel zum elektrischen Feld in den Leiter ein; die so aufgenommene HF-Energie wird zum Koaxialteil der Sonde übertragen, in dessen Innerem sich die Detektor-Diode befindet.

Die Einführung der Antenne in den Leiter ist auf ein Minimum einzustellen, um die zu messende Stehwelle nicht zu stören.

Der Empfindlichkeitsverlust ist daher durch einen Messbereichswechsel des SWV-Messer ORITEL IR 205 zu kompensieren.

Die Verteilung der Stehwelle erhält man, wenn man den Wagen entlang des Schlitzes verschiebt und die resultierende Änderung des detektierten Stromes beobachtet. Die Einführung der Sonde in den Hohlleiter bleibt konstant, während der Messschlitten über die Leitung verschoben wird. Eine Messschiene ermöglicht die genaue Bestimmung der Position der Sonde im Verhältnis zum Ende der Leitung, an das die unbekannte Impedanz angeschlossen ist.

**⚠ Achtung:** Bei der Einstellung für das Einführen der Antenne kann die Baugruppe „Detektor-Antenne“ eventuell unglücklich herausgezogen werden. Da die Antenne sehr zerbrechlich und die Diode empfindlich gegenüber elektrostatischen Entladungen ist, ist beim Zusammenbau der Baugruppe mit größter Vorsicht vorzugehen. Bei einer Beschädigung der Baugruppe „Detektor-Antenne“ kann diese durch ein Original-Ersatzteil ausgetauscht werden.

### 5.2.3 Messung des SWV an der Messleitung: Direkte Methode

Führen Sie den in Abbildung 2.3 gezeigten Aufbau durch.

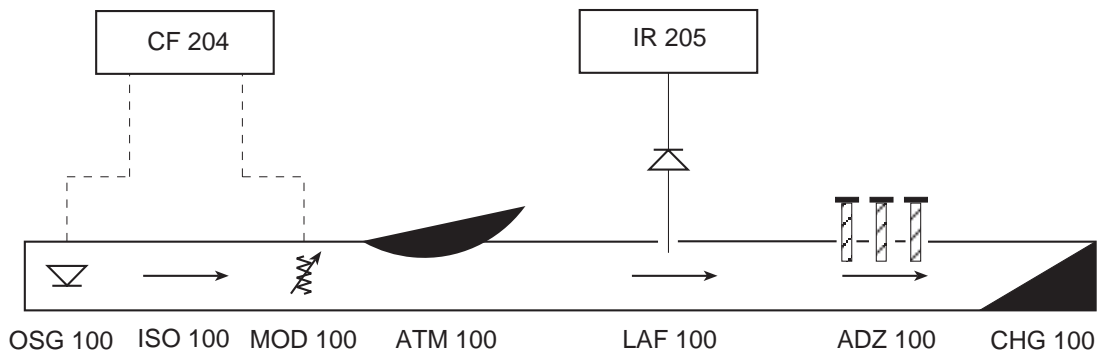


Abbildung 2.3.

Ein SWV-Adapter (3-Schrauben-Transformator) des Typs ORITEL ADZ 100/3 wird zwischen der angepassten Last und der Messleitung eingefügt; er ermöglicht durch „Fehlanspassung“ den Erhalt verschiedener SWV.

- Stellen Sie die Tiefe der Einführung der Schrauben des SWV-Adapters ein.
- Stellen Sie das variable Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 so ein, dass auf dem Galvanometer des SWV-Messer ORITEL IR 205 eine korrekte Abweichung erzielt wird
- Verschieben Sie die Sonde der Schlitzleitung LAF 100 und notieren Sie die Werte  $I_d \text{ max.}$  und  $I_d \text{ min.}$  (siehe § 3.3.5). Die Detektion kann als quadratisch angesehen werden, wenn der detektierte Pegel sehr gering ist.

Man kann also schreiben: 
$$SWV = S = \frac{I_d \text{ max.}}{I_d \text{ min.}} = \frac{V \text{ max.}}{V \text{ min.}}$$

Es können mehrere Vorgänge für unterschiedliche Einführungen des Reflektors des SWV-Adapters durchgeführt werden.

### 5.2.4 Messung hoher Stehwellenverhältnisse

#### ■ Methode mit kalibriertem Dämpfungsglied

Wenn das zu messende Stehwellenverhältnis den Wert 3 übersteigt, ist die klassische Messung mit einer Schlitzleitung, bei der das Verhältnis ( $V \text{ Max.}/V \text{ min.}$ ) gemessen wird, mit einem Fehler behaftet. Das Detektorgesetz kann über eine große Dynamik nicht als gleichmäßig angesehen werden.

Die nachfolgend beschriebene Methode besteht darin, das Verhältnis mit Hilfe eines kalibrierten Dämpfungsgliedes zu messen.

- Führen Sie den unten gezeigten Aufbau durch:

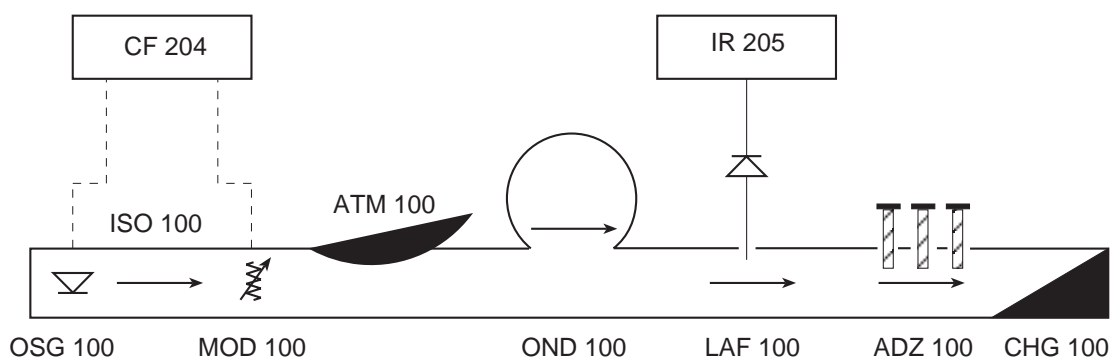


Abbildung 2.4.

Schrauben Sie die Schrauben des SWV-Adapters hinein.

- Stellen Sie die Sonde auf ein Minimum ein und regeln Sie den HF-Pegel mit Hilfe des Dämpfungsgliedes ORITEL ATM 100 so ein, dass Sie eine ablesbare Abweichung  $D_1$  erhalten. Notieren Sie den Wert  $A_1$  des Dämpfungsgliedes.
- Stellen Sie die Sonde auf ein Maximum ein. Stellen Sie die Dämpfung so ein, dass die Anzeige den gleichen Wert  $D_1$  wie vorher zeigt. Notieren Sie den neuen Wert  $A_2$  des Dämpfungsgliedes.

Die Differenz der Dämpfung zwischen der Minimum- und Maximumposition ergibt den Wert für das Stehwellenverhältnis in dB. Das Verhältnis der zugehörigen Spannungen ergibt den Wert für das Stehwellenverhältnis.

$$A_2 - A_1 = 20 \log_{10} (V \text{ Max.}/V \text{ min.}) = 20 \log_{10} S \quad \text{oder} \quad \frac{A_2 - A_1}{20}$$

### ■ Methode mit Messleitung

Es kann noch eine andere Methode für die Messung von hohen Werten für das Stehwellenverhältnis verwendet werden.

Zur korrekten Durchführung dieser Messung ist der Fehler, der aufgrund der Kopplung der Sonde auftritt, und zu dem sich ein Fehler aufgrund der Abweichungen bei der Ablesung addiert, wobei es sich bei dem verwendeten Detektor im Allgemeinen um ein Kristall handelt, zu eliminieren. Die Methode führt zu einer Messung des Abstands zwischen zwei Punkten mit einer Amplitude, die doppelt so groß ist wie die Minimalamplitude.

Führen Sie den folgenden Aufbau durch:

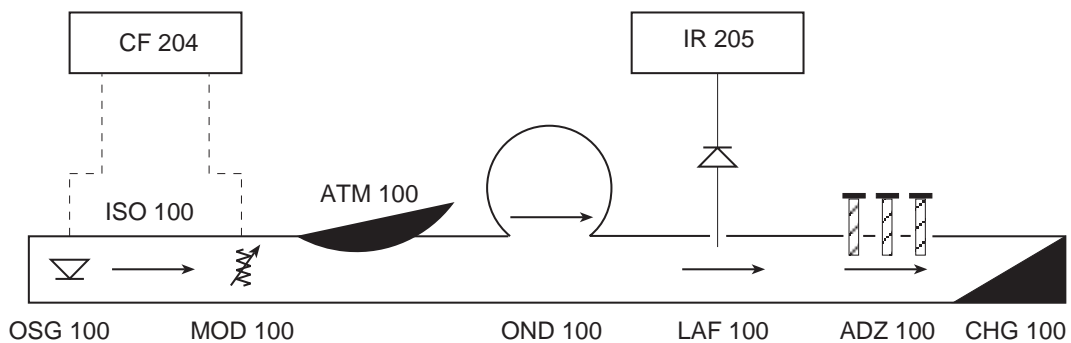


Abbildung 2.5.

- Schrauben Sie die Schrauben des SWV-Adapters hinein.
- Stellen Sie die Sonde auf ein Minimum ein und regeln Sie den HF-Pegel mit Hilfe des Dämpfungsgliedes ORITEL ATM 100 so ein, dass Sie eine ablesbare Abweichung erhalten.
- Dämpfen Sie die in der Leitung übertragene Leistung um 3 dB, indem Sie das Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 verstellen.
- Verschieben Sie die Sonde zu beiden Seiten des Minimums und notieren Sie die Abstände  $d_1$  und  $d_2$  (siehe § 3.3.5), die zu den Punkten A und B gehören, die die gleiche Amplitude wie das vorherige Minimum haben (Abb. 3.4).

Um den Wert für das Stehwellenverhältnis zu bekommen, fügen Sie die Entfernung:  $d = d_1 - d_2$

in folgende Gleichung ein:

$$S = 1 + \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \left( \frac{\pi d}{\lambda g} \right)}}$$

$\lambda g$  ist die Länge der Welle im Leiter, gemessen mit Hilfe der Leitung.

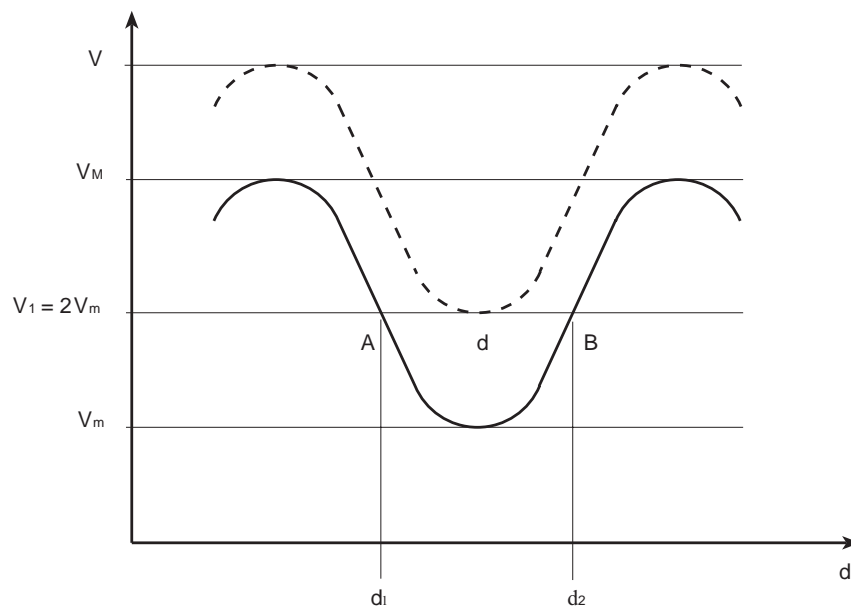


Abbildung 2.6.

## 5.3 Messung der Wellenlänge

### 5.3.1 Einführung

Da die Methoden zur Messung der Frequenz komplizierte Geräte erfordern, ist es oftmals hilfreich, auf einfache Weise die Wellenlänge messen zu können.

### 5.3.2 Theoretische Grundlagen

Die Frequenz und die Wellenlänge einer elektromagnetischen Welle sind über die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Welle im Medium durch folgende Gleichung verknüpft:

$$f \lambda = v \quad (1)$$

mit:  $f$  : Frequenz  
 $\lambda$  : Wellenlänge  
 $v$  : Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit variiert mit dem Medium und hängt von seiner Permittivität  $\epsilon$  und seiner Permeabilität  $\mu$  ab. In freier Luft ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit gegeben über:

$$v_0 = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (2)$$

wobei  $\mu_0$  und  $\epsilon_0$  Permeabilität und Permittivität in freier Luft sind.

$$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \quad (\text{Henry pro meter})$$

$$\epsilon_0 = (1/36 \pi) \cdot 10^{-9} \text{ F/m} \quad (\text{Farad pro meter})$$

Es ist gut zu wissen, dass  $\mu_0$  in der Größenordnung von Mikrohenry pro Meter und  $\epsilon_0$  von 10 Pikofarad pro Meter liegen. Für ein beliebiges Medium gilt:

$$v = \frac{v_0}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}} \quad (2)$$

mit :

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad \text{relative Permeabilität des Mediums}$$

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad \text{Dielektrizitätskonstante (Permittivität) bezüglich des Mediums}$$

In den meisten Fällen gilt:

$$\frac{\mu}{\mu_0} = 1$$

und:

$$v = \frac{v_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

auf Grund von:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

mit:

$\lambda_0$  : Wellenlänge in freier Luft

$\lambda$  : Wellenlänge in einem Medium mit Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$

In der Luft ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit annähernd so groß wie im Vakuum, nämlich  $3 \times 10^8$  m/s.

Erinnern wir uns, dass unter den Bedingungen einer geleiteten Ausbreitung die Wellenlängen  $\lambda_0$  (bei freier Ausbreitung),  $\lambda_g$  (bei geleiteter Ausbreitung) und  $\lambda_c$  (bei unterbrochener Ausbreitung) verknüpft sind durch:

$$\frac{1}{\lambda_0^2} = \frac{1}{\lambda_g^2} + \frac{1}{\lambda_c^2}$$

mit  $\lambda_c = 2a$  bei der Grundschiwingung  $TE_{10}$ ,  $a = 22,86$  mm

Bei einer bestimmten Frequenz ist die Schein-Wellenlänge im Leiter  $\lambda_c$  also größer als die Wellenlänge in freier Luft  $\lambda_0$  (oder als in einer coaxialen Übertragungsleitung).

Es gilt:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \left[\frac{\lambda_0}{2a}\right]^2}}$$

und:

$$V_p = \frac{v_0}{\sqrt{1 - \left[\frac{v_0}{2af}\right]^2}}$$

Die ist die Phasengeschwindigkeit im Modus  $TE_{10}$  in einem mit Luft gefüllten Leiter.

Außerdem gilt:

$$\lambda_0 = \frac{v_0}{f}$$

$$\lambda_g = \frac{V_p}{f}$$

Man kann die Frequenz ausgehend von der Wellenlänge berechnen über:

$$f = \frac{v_0 \sqrt{\lambda_g^2 + 4 a^2}}{2 a \lambda_g} \quad (8)$$

Es reicht deshalb aus, die Wellenlänge im Leiter  $\lambda_g$  zu berechnen, um  $f$  zu erhalten oder umgekehrt.

### 5.3.3 Messungen

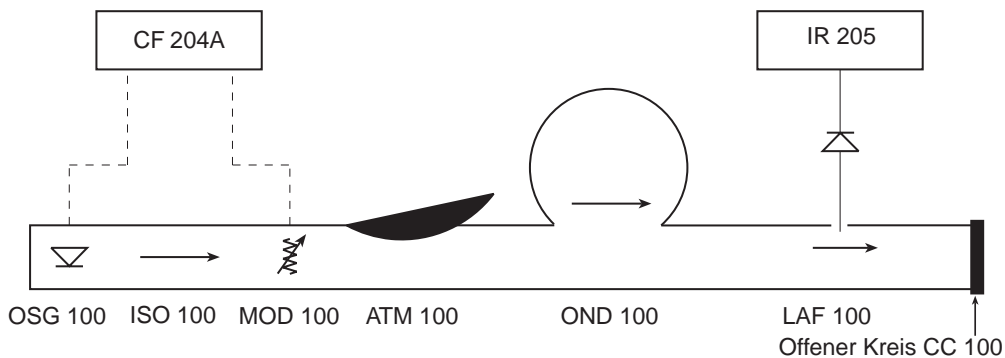
Die verwendete Methode stützt sich auf die direkte Messung einer Stehwelle. Die Genauigkeit beträgt etwa 0,05 %.

Zu diesem Zweck wird eine Messleitung verwendet, um die Differenz zwischen zwei Maxima (oder zwei Minima) auf einer Übertragungsleitung, in der man die Entstehung einer Stehwelle herbeigeführt hat, zu bestimmen.

Man weiß, dass bei einer Stehwelle die Wellenlänge  $\lambda_g$ , in der Leitung zwei Mal der physikalischen Wellenlänge zwischen zwei Spannungsbäuschen oder -knoten entspricht.

Die Wellenlänge in der Luft und die Frequenz können vom gemessenen Wert für  $\lambda_g$  abgeleitet werden, wenn die in Paragraph 4.3.2 angegebenen Formeln verwendet werden.

Führen Sie den unten gezeigten Aufbau durch.



- Stellen Sie den GUNN-Oszillator auf eine Frequenz  $f$  ein.
- Stellen Sie das Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 auf maximale Dämpfung, regeln Sie die Abstimmung auf das Maximum des detektierten Stromes; verstellen Sie das Dämpfungsglied, um eine gute Ablesung auf der Skala des Galvanometers des IR 205 zu erhalten.
- Verschieben Sie den Wagen der Sonde entlang der Leitung ORITEL LAF 100 und beobachten Sie die Verteilung der Stehwelle.
- Nehmen Sie die Anzahl der sichtbaren Maxima auf, 3 zum Beispiel.
- Notieren Sie genau die Position des ersten Maximums und die des dritten.
- Der Abstand zwischen dem ersten und dem dritten Maximum beträgt  $\lambda_0$ .  
Um die Position eines Maximums genau aufzunehmen, nehmen Sie einen Durchschnittswert zwischen zwei gleichen Amplitudenpunkten auf beiden Seiten des Maximums.
- Berechnen Sie  $\lambda$  und  $f$ .
- Vergleichen Sie die berechnete Frequenz  $f$  mit der Frequenz  $f$ , die mit dem Frequenzmesser OND 100 gemessen wurde.

## 5.4 Impedanzmessung

### 5.4.1 Einführung

Der Zweck dieser Experimente ist nicht allein auf die Bestimmung der Impedanz eines Hohlleiterabschlusses beschränkt; sie ermöglichen außerdem, sich mit dem SMITH-Diagramm vertraut zu machen.

Dieses ermöglicht die Bestimmung eines Impedanzwertes an einem bestimmten Punkt. Die Verschiebungen um  $L/\lambda_g$ , die Blindwiderstände und die Widerstände werden über Kurvenfamilien definiert.

Alle diese Parameter werden mit Hilfe einer Messleitung in einer Übertragungsleitung berechnet oder bestimmt.

### 5.4.2 Theoretische Grundlagen

#### ■ Reflexionskoeffizient - Stehwellenverhältnis

Betrachten wir eine Übertragungsleitung mit einer Wellenimpedanz  $Z_0$ , die mit einer Lastimpedanz  $Z_c$  abgeschlossen ist. Der Reflexionskoeffizient, das Verhältnis von reflektierter zu einfallender Welle bei  $Z_c$  hat den Ausdruck:

$$\rho = \frac{Z_c - Z_0}{Z_c + Z_0}$$

Allgemein ist  $Z_c$  komplex und hat die Form:

$$Z_c = R + jX$$

ebenso ist  $\rho$  eine komplexe Zahl mit der Form:

$$\rho = |\rho| e^{j\theta}$$

Die Amplitude  $|\rho|$  gibt das Verhältnis der Amplituden der reflektierten und der einfallenden Welle an und die Phase  $\theta$  die Phasendrehung bei der Reflexion.

Die Spannung  $E$  auf einem beliebigen Punkt der Leitung kann angesehen werden als die Summe ( $E_i + E_r$ ) der Spannungen von einfallender und reflektierter Welle in diesem Punkt. Daraus ergibt sich eine Spannungsverteilung auf der Leitung, die man als „Stehwelle“ bezeichnet.

An bestimmten Punkten der Leitung liegen die Spannungen der beiden Wellen in Phase und addieren sich, sie bilden Spannungsmaxima; an anderen Punkten haben sie eine entgegengesetzte Phasenlage und löschen sich gegenseitig aus, sie bilden also Minima.

Das Verhältnis zwischen dem Wert eines Maximums und dem eines Minimums der Spannung (oder des Stromes) wird „**Stehwellenverhältnis**“ genannt.  $S$  sei das SWV.

Per Definition:

$$S = \frac{E_{\text{Max.}}}{E_{\text{min.}}}$$

mit  $E_{\text{Max.}} = |E_i| + |E_r|$

und  $E_{\text{min.}} = |E_i| - |E_r|$

Wobei:

$$\frac{E_{\text{Max.}}}{E_{\text{min.}}} = \frac{1 + \frac{|E_r|}{|E_i|}}{1 - \frac{|E_r|}{|E_i|}}$$

Das Vektorverhältnis:

$$\frac{|E_r|}{|E_i|}$$

ist das Modul des Reflexionskoeffizienten "ρ"; das Verhältnis zwischen "ρ" und "S" ist gegeben durch:

$$|\rho| = \frac{S - 1}{S + 1}$$

oder

$$S = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}$$

Somit variiert S zwischen 1 (perfekte Anpassung) und + ∞ (Kurzschluss oder offener Kreis).

Die Phasendrehung θ äußert sich durch eine Verschiebung der gesamten Stehwelle. Ist der Abstand zwischen der Impedanz Z und dem ersten Spannungsminimum „d“, kann man schreiben:

$$\theta - 2 \frac{2 \pi d}{\lambda g} = - \pi$$

Das Problem liegt darin, Z als Modul und Phase ausgehend von den am Leiter messbaren Elementen zu ermitteln. Die Werte für R und X werden aus einem Diagramm abgelesen: dem SMITH-DIAGRAMM.

### ■ Verwendung des SMITH-Diagramms

#### Definition

Man kann die Impedanz einer auf die Wellenimpedanz der Leitung gebrachte Lastimpedanz in Form ihres normalisierten (oder relativen) Wertes ausdrücken.

$$z = \frac{Z}{Z_0}$$

Sie ist mit dem Reflexionskoeffizienten in der Ebene der Last über folgende Gleichung verknüpft:

$$\rho = \frac{z - 1}{z + 1}$$

Die reziproke Gleichung ermöglicht es, Z als Funktion von ρ auszudrücken.

$$z = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

Das SMITH-Diagramm ist ein Diagramm, das diesen direkten Übergang ohne Berechnung ermöglicht. Es gibt gleichzeitig die Polardarstellung (ρ, θ) des Reflexionskoeffizienten an, wobei der äußere Kreis die Einheit ist, und direkt den normalisierten Wert von z über seine reelle Komponente r (normalisierter Widerstand) und seine imaginäre Komponente x (normalisierter Blindwiderstand).

Man unterscheidet zwischen vier Ortstypen:

- Kreise mit konstantem und positivem Widerstand (Kreis r)
- Kreise mit konstantem Blindwiderstand (Kreis x)
- Kreise mit konstanter Dämpfung oder Kreise mit konstantem Stehwellenverhältnis (Kreis u)
- Strahlen mit konstanter Phase.

#### Normalisierte Impedanz und Admittanz

Alle gleichmäßigen Übertragungsleitungen werden durch vier Parameter beschrieben, die sich auf die Längeneinheit beziehen:

Widerstand	: R	}	Verteilte Konstanten
Induktivität	: L		
Kapazität	: C		
Leitfähigkeit	: G		

Die von der Frequenz praktisch unabhängige Wellenimpedanz Z<sub>0</sub> ist ein reiner Widerstand mit dem Wert:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Die Dämpfung pro Längeneinheit wird mit Hilfe des Koeffizienten  $\alpha$  definiert, der im Allgemeinen in dB/Längeneinheit angegeben wird.

Für die Messungen an der Leitung muss die Länge der Welle in der Leitung  $\lambda_g$ , die sich von der Länge der Welle in Luft  $\lambda_0$  unterscheiden kann, verwendet werden.

Erinnern wir uns, dass es sich bei der Impedanz um eine komplexe Größe handelt:

$$Z = R + j X$$

mit:

$R$  : Widerstand

$X$  : Blindwiderstand (Blindkomponente)

Wenn  $X > 0$ , ist der Blindwiderstand induktiv (Induktivität).

Wenn  $X < 0$ , ist der Blindwiderstand kapazitiv (Kapazität).

Die Verwendung des SMITH-Diagramms erfordert eine vorherige Normalisierung der Werte der Widerstände, der Blindwiderstände und der Verschiebungen.

Die Verschiebungen werden auf die Wellenlänge zurückgeführt. Man verwendet deshalb den Parameter  $L/\lambda$ , der der in Grad ausgedrückten Phase entspricht:

$$\theta = \frac{L}{\lambda_g/2} \times 360$$

Das gleiche Diagramm kann auch für die Berechnung von Admittanzen verwendet werden, indem der Widerstand durch die Leitfähigkeit und der Blindwiderstand durch den Blindleitwert ersetzt werden:

$$Y = \frac{1}{Z} = G + jB$$

$B$  und  $G$  sind der Blindleitwert bzw. der Leitwert, ausgedrückt in normalisierter Admittanz:

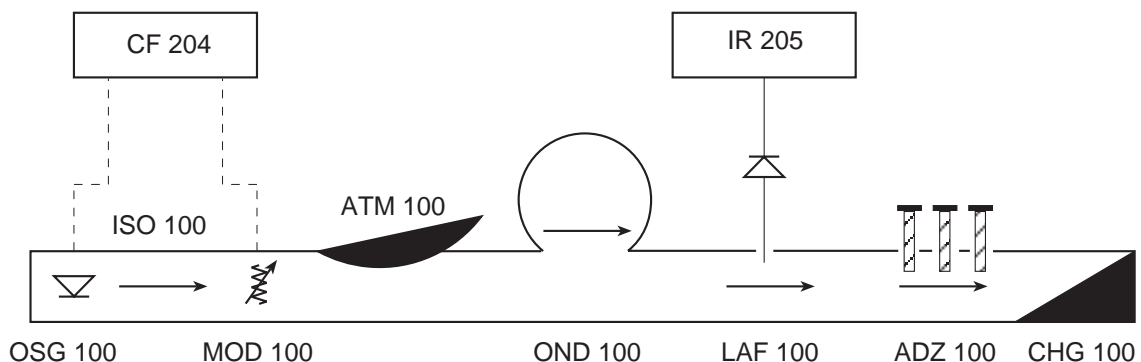
$$Y_0 = \frac{1}{Z_0}$$

$$Y = \frac{G}{Y_0} \pm j \frac{B}{Y_0}$$

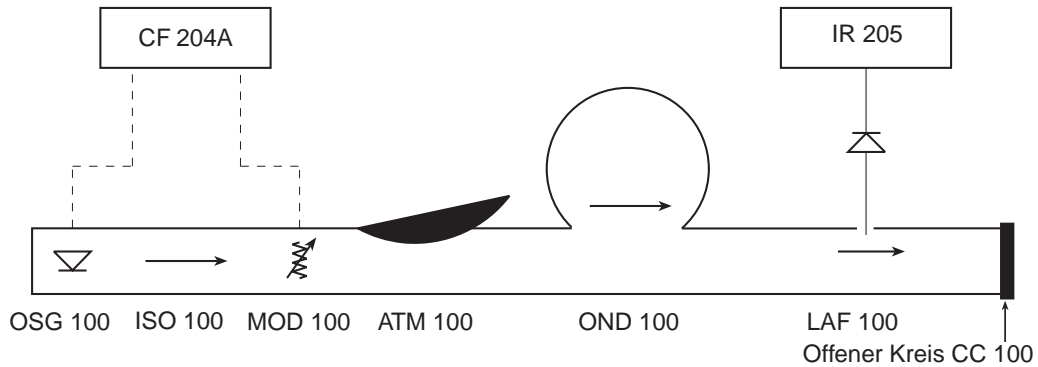
$$= G \pm jB$$

### 5.4.3 Messung einer Impedanz am Ende einer verlustlosen Leitung mit der Wellenimpedanz $Z_0$ .

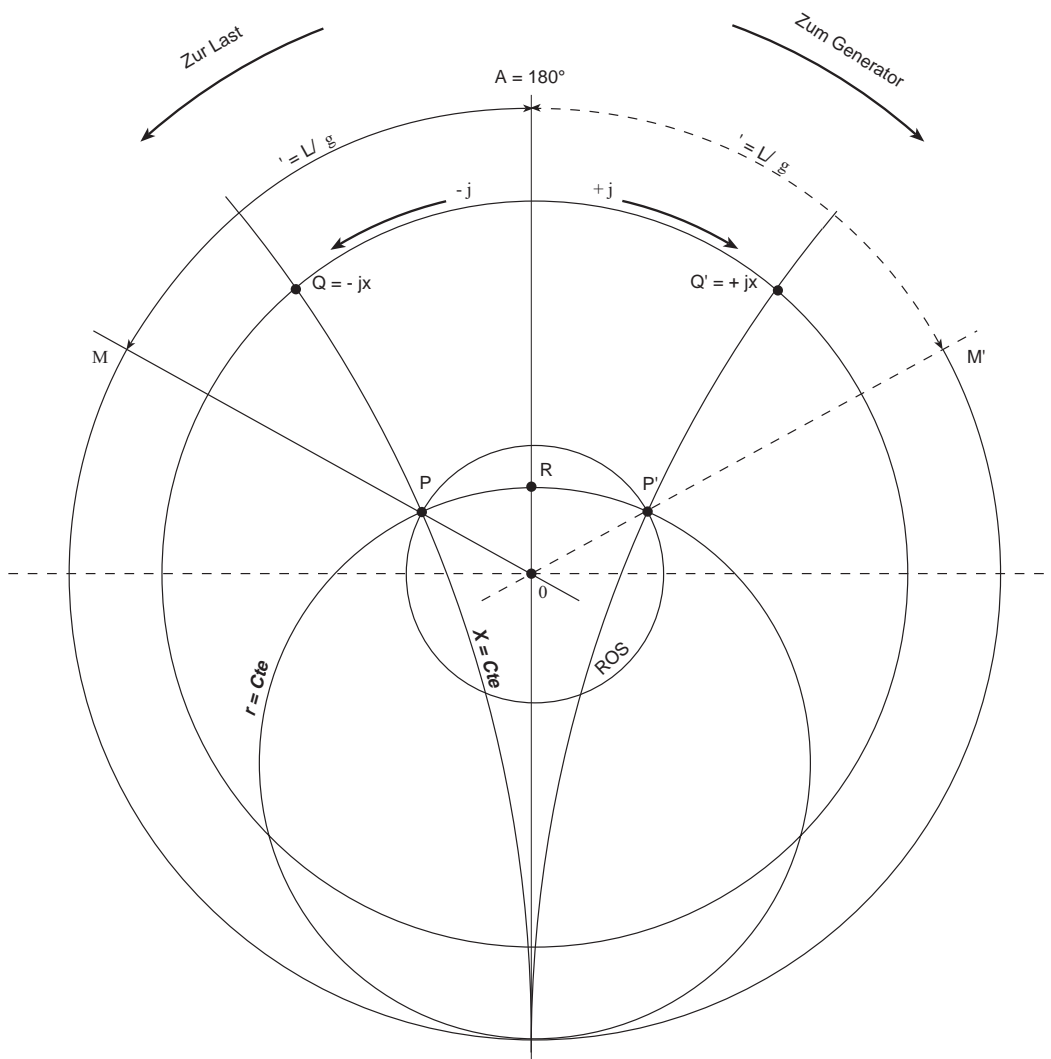
Führen Sie den unten gezeigten Aufbau durch.



- Setzen Sie das Element, dessen Impedanz gemessen werden soll (im vorliegenden Fall eine Last mit vorgeschaltetem 3-Schrauben-Transformator) an das Ende der Leitung.
  - Messen Sie das Stehwellenverhältnis.
  - Zeichnen Sie den entsprechenden Kreis in das Diagramm (Wert des Stehwellenverhältnisses auf der vom Mittelpunkt des Diagramms ausgehenden reellen Achse).
  - Suchen Sie das am nächsten zur Last liegende Spannungsminimum, den Punkt A.
  - Ersetzen Sie das zu messende Element durch einen Kurzschluss (die Kurzschlusssebene entspricht dem Punkt A = 180° im Diagramm); siehe Abbildung unten.
- Verschieben Sie den Wagen und suchen Sie das am nächsten zum Punkt A liegende Minimum, den Punkt B.



- Bestimmen Sie  $L = A - B$
- Bestimmen Sie  $\lambda_g$ , die Wellenlänge im Leiter
- Ermitteln Sie daraus  $L/\lambda_g$



- Hat sich das Minimum L zum Generator hin verschoben, drehen Sie ausgehend vom Punkt A = 180° in Richtung „Rückwärts“ (zum Generator) um den Wert  $\alpha'$  (oder  $L/\lambda_g$ ). Dies sei der Punkt M' (siehe Abbildung auf der vorherigen Seite).  
Hat sich das Minimum zur Last hin verschoben, drehen Sie im Diagramm in Richtung „Vorwärts“ (zur Last) um den Wert  $\alpha$  (oder  $L/\lambda_g$ ). Dies sei der Punkt M.

- Zeichnen Sie eine Gerade vom Diagrammmittelpunkt nach M (oder M').  
Diese Gerade schneidet den Kreis des Stehwellenverhältnisses in einem Punkt P (oder P').

Durch diesen Punkt P (oder P') geht:

- ein Kreis mit konstantem Blindwiderstand, der den Wert  $jx$  der Impedanz angibt; dies sei der Punkt Q
- ein Kreis mit konstantem Widerstand, der den reellen Wert  $r$  der Impedanz angibt; dies sei der Punkt R.

Man erhält die relative Impedanz:

$$z = r - jx$$

Der Überlegung verläuft genauso bei dem Fall, in dem  $a' = L/\lambda_g$  in Richtung „Rückwärts“ (zum Generator hin) verschoben wird, Punkte R und Q'.

Die relative Impedanz hat also den Ausdruck:

$$z = r + jx$$

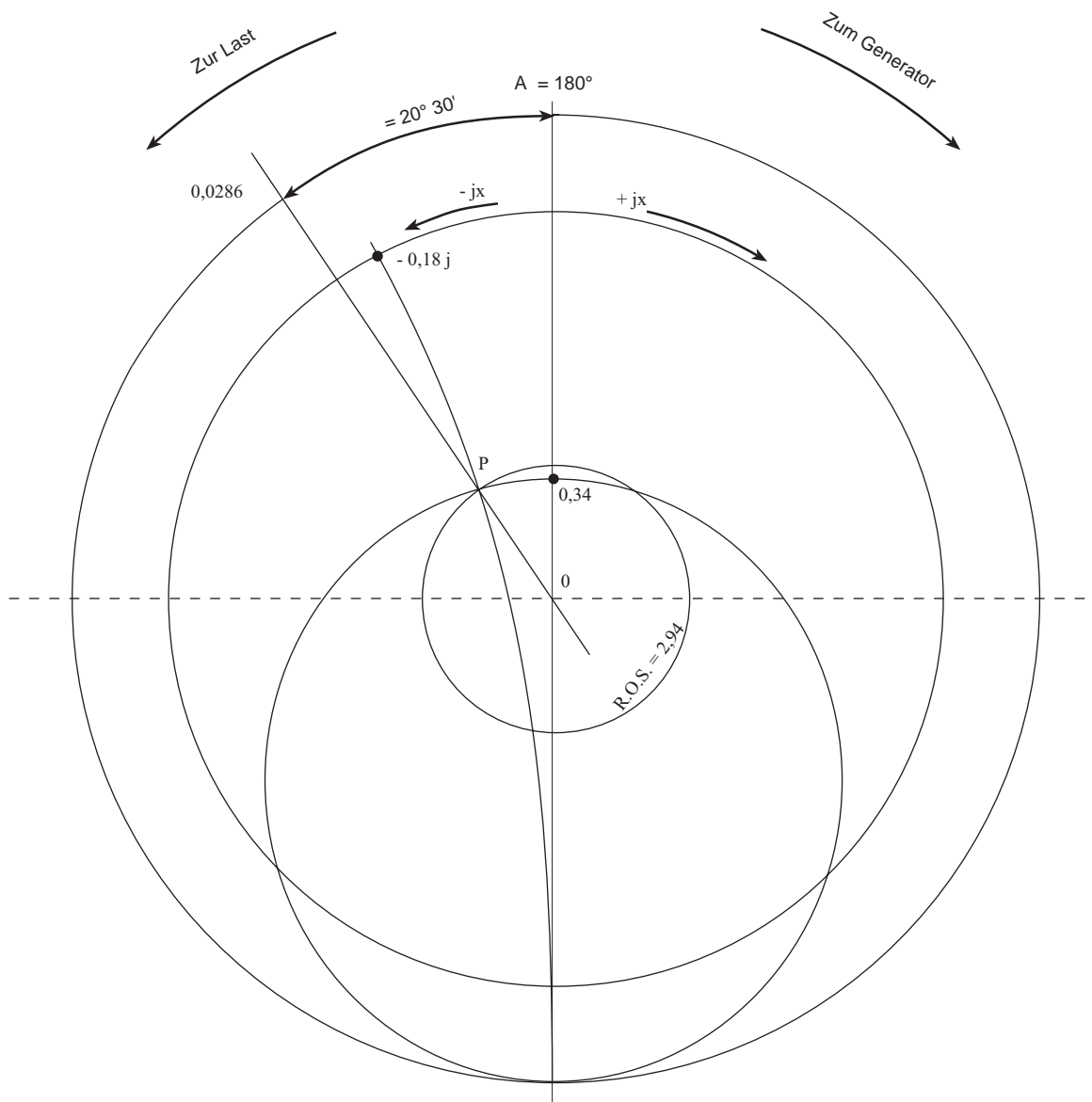
wobei::

$$Z = Z_0 (r + jx)$$

### ■ Anwendungsbeispiel

Eine als Hohlleiter ausgeführte Übertragungsleitung mit der Wellenimpedanz  $Z_0$  wird durch eine unbekannte Impedanz Z abgeschlossen (siehe Abbildung unten).

- $\lambda_g$  gemessen auf einer Leitung: 45,45 mm (9300 MHz)
- L : 1,3 mm
- SWV : 2,94



$$L/\lambda_g = 1,3 / 45,45 = 0,0286$$

- Gehen Sie vom Punkt A = 180° im Diagramm in Richtung „Vorwärts“ hin zur Last auf dem Kreis ( $L/\lambda_g$ ) um den Wert:  $L/\lambda_g = 0,0286$ , dies sei der Punkt M

$$L/\lambda_g = \frac{720 \times 1,3}{45,45} = 20^\circ 30'$$

- Zeichnen Sie den Kreis des Stehwellenverhältnisses 2,94
- Ziehen Sie eine Gerade von 0 nach M. Diese Gerade schneidet den Kreis des Stehwellenverhältnisses in P. Der Kreis von X konstant, der durch P geht, ergibt:

$$jx = j 0,18 = X/Z_0$$

$$r = 0,34 = R/Z_0$$

Der Ausdruck der Impedanz lautet :

$$Z_u = Z_0 (0,34 - 0,18 j)$$

## 5.5 Frequenzmessung

### 5.5.1 Einführung

Ziel des vorliegenden Experiments ist die direkte Bestimmung der von einer Mikrowellenquelle abgegebenen Frequenz. Dazu verwendet man einen Frequenzmesser .

### 5.5.2 Theoretische Grundlagen

Eine Methode zur direkten Messung der Mikrowellenfrequenz besteht in der Verwendung eines Frequenzmessers .

Ein Absorptions-Frequenzmesser besteht aus einem rechteckigen Hohlleiter-Komponent , der als Ableitung einen gekoppelten zylindrischen Resonanz-Hohlraum besitzt.

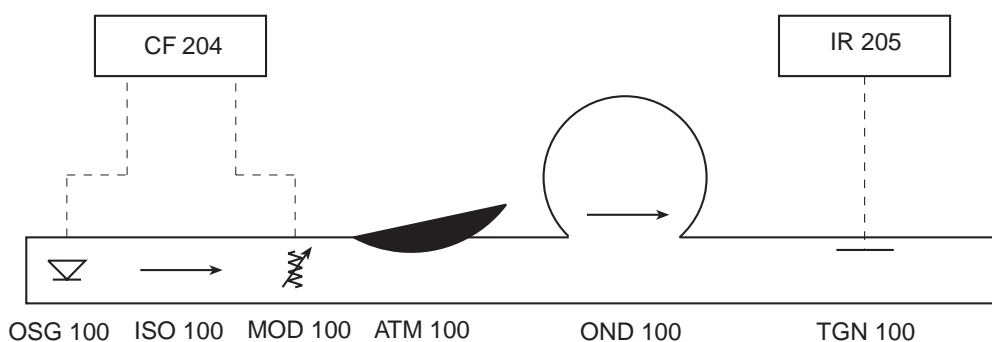
Das durch Verschieben eines Kurzschlusses sich ändernde Volumen des Resonanz-Hohlraums führt zu einer Änderung der Resonanzfrequenz.

Bei Resonanz wird die von dem geraden Hohlleiter-Komponent übertragene Mikrowellen-Energie vom Resonanz-Hohlraum absorbiert. Die Abstimmung wird deshalb durch ein Abfallen des Leistungspegels sichtbar. Die Frequenzmessung erfolgt über ein Mikrometer mit Maßeinteilung in Hundertstel Millimeter.

Eine Eichkurve ermöglicht die Bestimmung der Frequenz in Abhängigkeit von der am Mikrometer angezeigten Verschiebung.

### 5.5.3 Frequenzmessung

Führen Sie den unten gezeigten Aufbau durch.



Drehen Sie die Mikrometerschraube des Frequenzmessers ORITEL OND 100 soweit, bis eine Absorption der HF-Energie auftritt, die durch eine plötzliche Änderung auf Null an der Anzeige des Galvanometers sichtbar wird. Lesen Sie die an der Mikrometerschraube angezeigte Position ab, wenn die Anzeige des Galvanometers so weit wie möglich auf Null steht.

- Bestimmen Sie mit Hilfe dieser Position auf der zum Frequenzmesser gehörenden Eichkurve die Frequenz.

#### HINWEIS:

Belassen Sie den Frequenzmesser ORITEL OND 100 nach Durchführung der Messung nicht auf seiner Resonanzfrequenz, um die Mikrowellen nicht unnötig zu dämpfen.

## 5.6 Aufstellung des Quadratgesetzes eines Detektors

### 5.6.1 Einführung

Die Kristalldiode ermöglicht die Detektion der Mikrowellen-Energie. Es handelt sich um ein nichtlineares Element (Quadratgesetz), von dem wir die Kennlinie aufnehmen werden.

Ein wichtiger Parameter ist auch der minimale Signalpegel, der von einer Kristalldiode detektiert werden kann, den wir ermitteln werden, indem wir ihre Sensibilität messen.

### 5.6.2 Theoretische Grundlagen

Die Kristalldiode ermöglicht die Detektion des elektrischen Mikrowellen-Feldes und damit die Messung seiner Leistung.

Das Prinzip der Detektion beruht auf der Nichtlinearität des Widerstandes des Kristallübergangs.

Sei  $v_0$  die Vorspannung und  $v$  das zu detektierende Signal. Wir können annehmen, dass die Stromänderungen um den Vorspannungspunkt herum gering sind und eine auf die zweite Ordnung begrenzte Entwicklung durchführen.

$$i_{(v_0+v)} = i_{(v_0)} + \frac{di}{dv} \Big|_{v_{(v_0)}} + \frac{1}{2} \frac{d^2i}{dv^2} \Big|_{v_{(v_0)}} v_{(v_0)}^2$$

Wäre das Element linear, hätte man einfach:

$$i_{(v_0+v)} = i_{(v_0)} + \frac{v}{R}$$

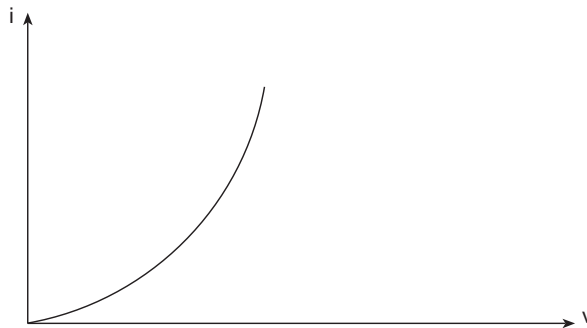
Mit  $v = V \cos \omega t$

$$i_{(V_0+V \cos \omega t)} = i_{(V_0)} + v \frac{di}{dv} \Big|_{\cos_{(V_0)} \omega t} + \frac{V^2}{2} \frac{d^2i}{dt^2} \Big|_{\cos_{(V_0)}^2 \omega t}$$

oder:

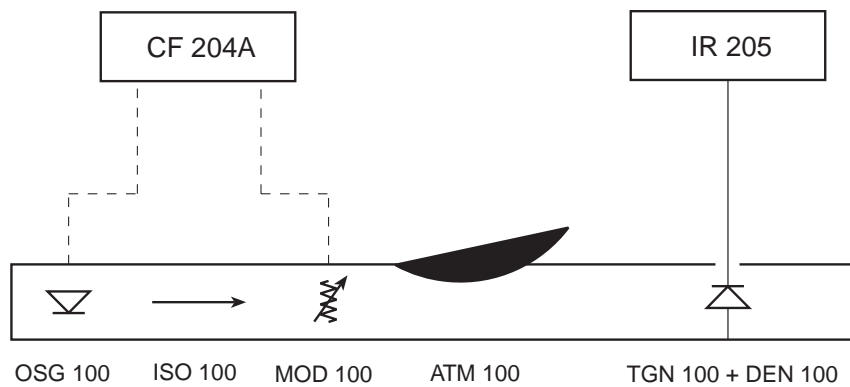
$$\cos^2 \omega t = \frac{\cos 2 \omega t + 1}{2}$$

Das Spannungs-Strom-Verhältnis enthält also einen Ausdruck mit  $V^2$ , der Gleichkomponente des Stromes, die proportional zum Quadrat des elektrischen Mikrowellen-Feldes ist. Die Detektion verläuft quadratisch (Abbildung unten).



### 5.6.3 Aufnahme der Kennlinie

Der Vorgang besteht in der Aufnahme des detektierten Kristallstromes als Funktion des einfallenden HF-Pegels. Führen Sie den unten gezeigten Aufbau durch.



- Stellen Sie das Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 auf die Position  $A_1 = 0$  dB; notieren Sie die Anzeige  $I_1$  des SWV-Messer ORITEL IR 205.
- Erhöhen Sie die Dämpfung in Schritten von 3 dB und notieren Sie die vom IR 205 für jede Position von A angegebenen Werte  $I_n$ .
- Setzen Sie den Vorgang so lange fort, bis Sie das Maximum der Punkte gefunden haben, und zeichnen Sie die Kurve der detektierten Spannung als Funktion der Dämpfung in dB.  
Unter Verwendung des so geeichten Detektors kann man einen Pegel oder eine Dämpfung als Funktion des am Galvanometer angezeigten Pegels bestimmen.

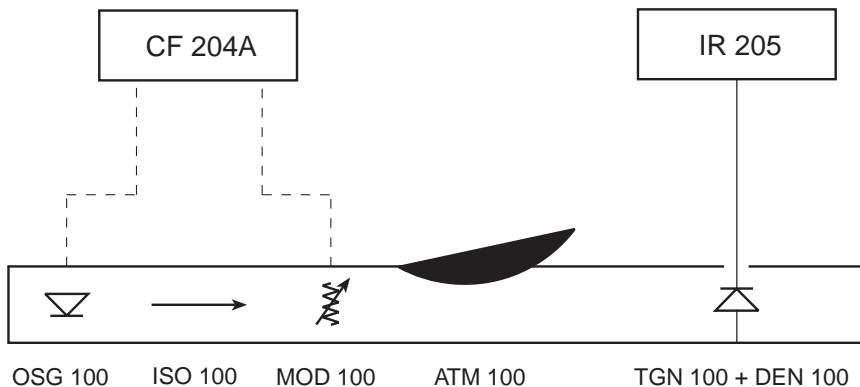
### 5.6.4 Messung der Tangentialempfindlichkeit des Kristalldetektors

Die Tangentialempfindlichkeit eines Detektors ist der Pegel für die einfallende Leistung (in dBm), der zur Unterscheidung des detektierten Signals vom Rauschsignal erforderlich ist.

Dieser wird bestimmt, indem man den inneren Bereich des dem detektierten Signal überlagerten Rauschsignals (S+B) mit dem oberen Bereich des reinen Rauschsignals (B) tangenziert.

Eine weitere Definition liegt in der Betrachtung, dass  $S_T$  die einem Signal/Rausch-Verhältnis von 2 entsprechende Leistung ist, also 6 dB bei der Spannung und 3 dB bei der Leistung.

Führen Sie den unten gezeigten Aufbau durch.



- Stellen Sie das Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 auf maximale Dämpfung.
- Stellen Sie den SWV-Messer ORITEL IR 205 auf maximale Empfindlichkeit; justieren Sie die Abweichung aufgrund von Rauschen mit Hilfe der Einstellknöpfe für die Verstärkung („Grob“ und „Fein“) auf 4 dB.
- Verstellen Sie das Dämpfungsglied so, dass der Zeiger des Galvanometers des IR 205 auf 10 dB (Vollauschlag) steht, also 6 dB bei Spannung und 3 dB bei Leistung oberhalb des Rauschpegels; bestimmen Sie den Pegel  $S_T$ .  
Die Tangentialempfindlichkeit wird hier für die Bandbreite des Verstärkers des IR 205 gemessen. Der Rauschpegel ist nämlich eine Funktion der Bandbreite der Messkette.

## 5.7 Leistungsmessung

### 5.7.1 Allgemeines

Die Leistungsmessung ist eine sehr wichtige Messung der Mikrowellentechnik, da sie die Bestimmung der eingesetzten Energiemengen ermöglicht.

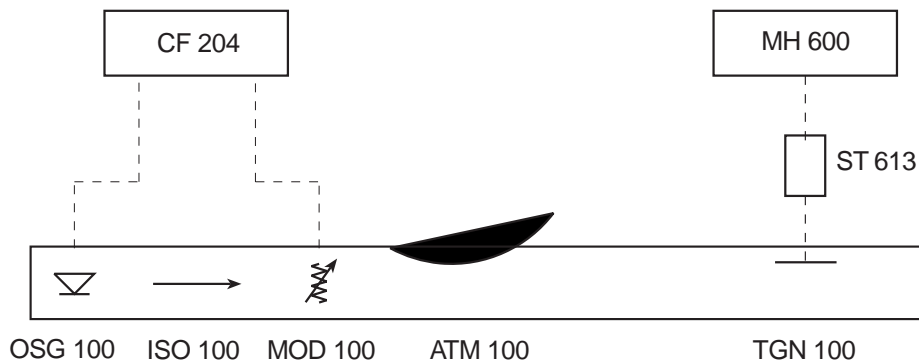
Diese genauen Messungen lassen sich ganz einfach mit dem Mikrowellen-Milliwattmeter ORITEL MH 600, ausgestattet mit zugehöriger Sonde ST 613, durchführen.

Das Prinzip dieser Messung beruht auf der Verwendung von Mikrowellen-Thermistoren, die sich in einer Wheatstonebrücke befinden, deren Unsymmetrie gemessen wird. Die zu messende Mikrowellen-Energie führt zu einer Erwärmung des Thermistors, der die Brücke aus der Symmetrie bringt. Die Spannung der Unsymmetrie ist proportional zur gemessenen Leistung.

**Informationen zur Inbetriebnahme und zur Kalibrierung des MH 600 sowie die Sicherheitshinweise finden Sie in der Bedienungsanleitung zu diesem Gerät.**

### 5.7.2 Messung einer Leistung

Führen Sie den unten gezeigten Aufbau durch:



Wenn man die Größenordnung der zu messenden Leistung nicht kennt, müssen bestimmte Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um die Messsonde nicht einer Leistung von mehr als 200 mW auszusetzen.

Nachdem alle Einstellungen auf Null gesetzt wurden, gehen Sie zur Messung einer Leistung folgendermaßen vor:

- Stellen Sie das Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 auf maximale Dämpfung.
- Schalten Sie die Stromversorgung ORITEL CF 204A ein.
- Verringern Sie langsam die Dämpfung des ATM 100, bis das Milliwattmeter ORITEL MH 600 einen Wert zwischen 1 und 10 mW anzeigt.
- Lesen Sie am Milliwattmeter direkt die je nach programmierter Einheit in mW oder dBm gemessene Leistung ab.

**Weitere Informationen bezüglich der Verwendung, der verschiedenen möglichen Messungen und der Möglichkeiten des Mikrowellen-Milliwattmeters ORITEL MH 600 finden Sie in der Bedienungsanleitung zu diesem Gerät.**

## 5.8 Dämpfungsmessung

### 5.8.1 Allgemeines

Die Dämpfung ist allgemein eine Reduzierung der Amplitude, der Spannung oder des Stroms, also der Leistung, herbeigeführt durch das Einführen eines Dämpfungselements in den Kreis.

#### a) Der Einfügevverlust L

Bei einer Übertragungsleitung mit unterschiedlicher Eingangs- und Ausgangsimpedanz definiert sich der Einfügevverlust als Verhältnis in dB der Leistungen, die mit und ohne Dämpfungsglied von der Last aufgenommen werden.

Er ist eine Funktion von:

- den Daten des Dämpfungsgliedes,
- der Impedanz des Generators,
- der Impedanz der Last.

#### b) Die Dämpfung A

Befindet sich das Dämpfungsglied in einer Übertragungsleitung mit bekannter Wirkimpedanz, deren beide Enden durch einen Generator und eine an ihre Wellenimpedanz angepasste Last abgeschlossen sind, entspricht der Einfügevverlust der Dämpfung.

Sie definiert sich folgendermaßen:

$$A_{(dB)} = 10 \log_{10} P1/P2$$

A = Dämpfung in dB

P1 = Von der Last ohne Dämpfungsglied aufgenommene Leistung

P2 = Von der Last mit Dämpfungsglied aufgenommene Leistung

### c) Dämpfungskonstante einer Leitung

Übertragungsleitungen mit aufgeteilten Konstanten, so wie Hohlleiter, werden durch ihre Ausbreitungskonstante charakterisiert, die folgendermaßen definiert ist:

$$Y = \alpha + j\beta$$

$\beta$ : gibt die Phasenänderung in Radian entlang der Leitung an, dies ist die Phasenkonstante.

$\alpha$ : gibt die Dämpfung in Neper pro Längeneinheit an. Dies ist die Dämpfungskonstante des Hohlleiters.

Bei allen nachfolgend beschriebenen Messungen wird die Dämpfungskonstante  $\alpha$  für diesen Hohlleiters als Null angesehen (Leitung ohne Verluste).

Es gibt verschiedene Messmethoden:

#### 1) Direkte Messung:

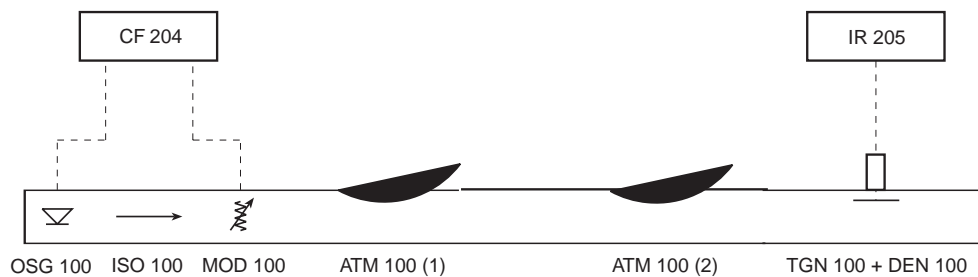
Diese besteht aus der experimentalen Bestimmung der Leistungen P1 und P2 und der Berechnung des Verhältnisses

$$A_{(dB)} = 10 \log_{10} P1/P2$$

#### 2) Messung über Substitution oder Vergleich mit einem geeichten Dämpfungsglied.

### 5.8.2 Messung über Vergleich

- Führen Sie den unten gezeigten Aufbau durch:

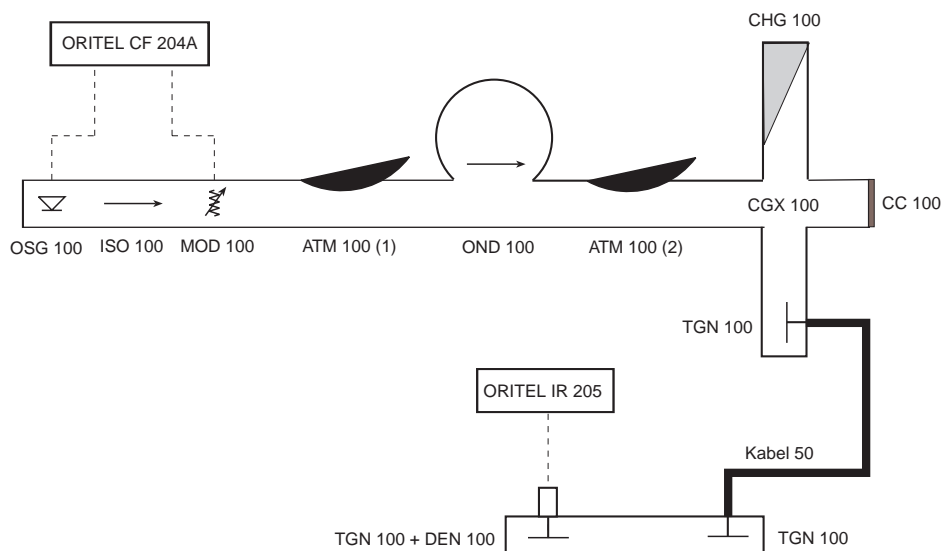


- Stellen Sie das geeichte Dämpfungsglied ATM 100 (2) auf 0 dB.
- Stellen Sie das zu eichende Dämpfungsglied ATM 100 (1) auf eine bestimmte Dämpfung und lesen Sie die Anzeige auf dem Galvanometer von IR 205, d.h.  $I_1$ , ab. Stellen Sie dieses Dämpfungsglied dann auf 0 dB
- Verstellen Sie das Referenz-Dämpfungsglied ATM 100 (2) soweit, dass auf dem Galvanometer von IR 205 die gleiche Abweichung wie vorher erzielt wird ( $I_1$ ). Lesen Sie auf diesem Dämpfungsglied die Dämpfung in dB direkt ab.
- Wiederholen Sie die Messung für verschiedene Dämpfungswerte von ATM 100 (1), Sie erhalten somit die Eichung dieses Dämpfungsgliedes.

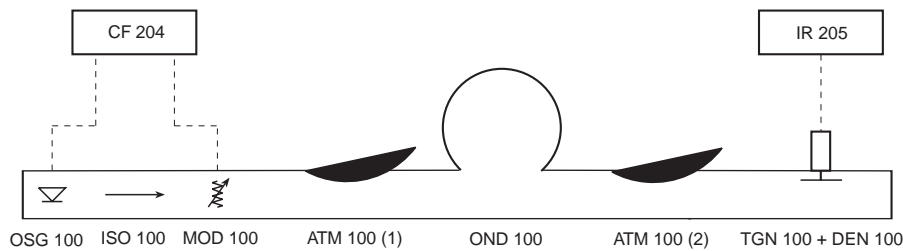
### 5.8.3 Dämpfungsmessung über Substitution

Diese Methode ermöglicht die Messung des Einfügungsverlustes, der aufgrund einer Baugruppe aus einem Koppler und zwei Übergängen Wellenleiter-Koaxialkabel, verbunden durch ein Kabel, entsteht.

- Führen Sie den unten gezeigten Aufbau durch:



- Stellen Sie das geeichte Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 (2) auf 0 dB.
- Stellen Sie das Abgleich-Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 (1) auf eine Dämpfung ein, die ein korrektes Ablesen am Galvanometer des SWV-Messers ORITEL IR 205 ermöglicht, lesen Sie diese Anzeige ab ( $I_1$  zum Beispiel).
- Führen Sie unter Beibehaltung der Einstellung der Dämpfungsglieder den unten gezeigten Aufbau durch.



- Stellen Sie das geeichte Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 (2) so ein, dass Sie den vorher abgelesenen Wert erhalten ( $I_1$ ).
- Lesen Sie die vom Dämpfungsglied ORITEL ATM 100 (2) eingeführte Dämpfung in dB ab, um den durch den Koppler, die Übergänge und das Kabel eingeführten Einfügungsverlust zu erfahren.

Dieser gleiche Vorgang kann durchgeführt werden:

- entweder mit dem Koppler allein,
- oder mit den Übergängen und dem Kabel.

Führen Sie diese Messungen für mehrere Frequenzpunkte durch.

## 6. WARTUNG

- ⚠ Verwenden Sie für Reparaturen ausschließlich die angegebenen Ersatzteile. Der Hersteller haftet keinesfalls für Unfälle oder Schäden, die nach Reparaturen außerhalb seines Kundendienstnetzes oder durch nicht von ihm zugelassene Reparaturbetriebe entstanden sind.**

### 6.1 Reinigung

Achten Sie vor dem Zusammensetzen der Mikrowellen-Komponenten des Lehrsystems darauf, dass sich im Inneren des Hohlleiters kein Staub befindet.

- ⚠ Achtung: Verwenden Sie keinen Druckluftstrahl, da ansonsten bestimmte Bauteile beschädigt werden könnten. Verwenden Sie keine Lösungsmittel, entstauben Sie vorsichtig.**

### 6.2 Messtechnische Überprüfung

- ⚠ Wie bei allen Meß- und Prüfgeräten, ist eine Überprüfung in regelmäßigen Abständen erforderlich. Für eine Überprüfung und Kalibrierung Ihrer Geräte, wenden Sie sich an die Niederlassung Ihres Landes.**

#### ■ Wartung

Reparaturen während oder außerhalb des Garantiezeitraumes: senden Sie die Geräte zu Ihrem Wiederverkäufer.

## 7. BESTELLANGABEN

**Mikrowellen-Lehrsystem ORITEL BDH R100** ..... P01.2751.01  
*Geliefert mit Aufbewahrungskoffer und dieser Experimentieranleitung*

### Optionen

Stromversorgung ORITEL CF 204A ..... Bitte wenden Sie sich an uns  
SWV-Messer ORITEL IR 205 ..... P01.2705.01  
Mikrowellen-Milli wattmeter ORITEL MH 600 ..... P01.2501.01  
Koaxialsonde mit Thermoelement ORITEL ST 613 ..... P01.2851.01  
Hornantenne 15 dB ORITEL ANC 100/15 ..... P01.2753.04  
Kreuzkoppler 20 dB CGX 100/20 ..... P01.2753.05  
Kopplungs-Irisblenden 20 dB und 30 dB ORITEL IRIS 100 ..... P01.2753.06

### Zubehör

Wegaufnehmer ORITEL RD 100 ..... P01.2753.02  
Stützschiene 1 m ORITEL RS 100 ..... P01.2753.03  
BNC-Leitung 1 Meter, Stecker / BNC-Stecker ..... P01.2951.85

### Ersatzteile

GUNN-Oszillator ORITEL OSG 100 ..... P01.2753.07  
Ferrit-Ventil ORITEL ISO 100 ..... P01.2753.08  
PIN-Modulator ORITEL MOD 100 ..... P01.2753.09  
Variables Dämpfungsglied mit Mikrometereinstellung ORITEL ATM 100 ..... P01.2753.10  
Frequenzmesser ORITEL OND 100 ..... P01.2753.11  
Schlitzleitung ORITEL LAF 100 ..... P01.2753.12  
3-Schrauben-Transformator ORITEL ADZ 100/3 ..... P01.2753.13  
Hohlleiter-Koax-Übergang ORITEL TGN 100 ..... P01.2753.14  
Koaxial-Detektor ORITEL DEN 100 ..... P01.2753.15  
Hohlleiterabschluss ORITEL CHG 100 ..... P01.2753.16  
Kurzschlussplatte ORITEL CC 100 ..... P01.2753.17  
Hohlleiter-Stativ ORITEL SUP 100 ..... P01.2753.18  
Detektor ORITEL DEL 100 für Schlitzleitung (LAF 100) ..... P01.2753.19  
Leerer Aufbewahrungskoffer ..... P01.2980.54  
GUNN-Diode für Oszillator ORITEL OSG 100 ..... P01.2753.20  
PIN-Diode für Modulator ORITEL MOD 100 ..... P01.2753.21  
Schottky-Diode für Schlitzleitung ORITEL LAF 100 ..... P01.2753.22  
Schnellbefestigungsadapter *EASYFIX* ORITEL AFR 100 ..... P01.2753.01







**PEWA**  
**Messtechnik GmbH**

Weidenweg 21  
58239 Schwerte

Telefon: +49 (0) 2304-96109-0  
Telefax: +49 (0) 2304-96109-88  
eMail: [info@pewa.de](mailto:info@pewa.de)  
Homepage: [www.pewa.de](http://www.pewa.de)

