

## REFLECTOMETER WITH COAXIAL COUPLER

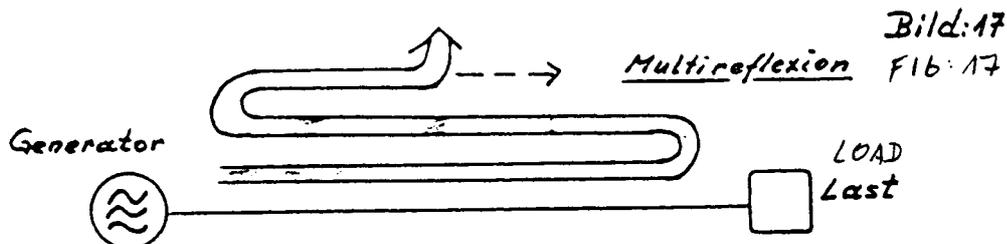
=====

continued from 1/83

It is also to take into consideration the matching of the generator. But it is only interesting at high reflection rates of the test object and does multi reflections, which does a fault measure. Power control loops at the generator or a non reflection attenuator will be make the output SWR of the generator better.

Fortsetzung aus 1/83

Die Anpassung des Generators ist zu berücksichtigen. Sie hat nur bei großen Reflektionsverhältnissen des Meßobjektes Bedeutung und verursacht Multireflexion, die Meßfehler verursachen. Pegelregelschleifen am Generator oder einfügen von reflektionsarmen Dämpfungsgliedern verbessern grundsätzlich das Ausgangsstellwellenverhältnis einer Quelle.



It can be profitable to modulate the generator, usual is 1 KHz modulation frequenz. You get back the af with the coupling detector diode and indicated with a wide band or better a selective voltagemeter. This methode is usual if there is only a small rf power or the test objekt can only tested with small rf power. With unmodulated rf power the diodes give only a very small direct voltage, which is indicated with high gain and can be drift.

The detector has to demodulate the rf wave on the parallel line and gives a direct voltage or af. The diode can be placed into the coupler or connected as a diode measuring head to the coupler with N or BNC connectors. The measuring head has to be an impedance termination for the parallel line, to have here no reflection. Amateurs use the diodes mostly up into linear part of the family of characteristics, because they have enough power from the generator

Weiter kann es nützlich sein den Generator zu modulieren, 1 KHz Modulationsfrequenz sind üblich. Die NF wird mittels der Koppler-Detektordiode zurückgewonnen und mit einem Breitband oder besser mit einem selektiven Voltmeter angezeigt. Die Methode ist üblich falls nur kleine HF-Leistung zur Verfügung steht bzw. das Testobjekt nur mit kleiner Leistung angesteuert werden darf. Bei unmodulierter HF würde die Diode nur eine entsprechende sehr geringe Gleichspannung abgeben, die hochverstärkt zur Anzeige gelangt und in der Regel driftbehaftet ist.

Der Detektor hat die Aufgabe, die am Nebenarm des Kopplers auftretende HF-Welle zu demodulieren und gibt eine Gleichspannung oder NF-Spannung ab. Die Diode kann mit in den Aufbau des Kopplers einbezogen sein, oder als Diodenmeßkopf an den Koppler mittels N- oder BNC-Stecker verbunden werden. Der Meßkopf soll als impedanzmäßiger Abschluß für den Koppelarm wirken, um möglichst geringe Reflektion zu erzeugen. Im Amateurfunkbetrieb werden die Dioden vorwiegend bis in den linearen Kennlinienbereich gefahren, da generatorseitig (TX) problemlos hohe

(TX). At the commercial science of measurement they work at the quadratic part of the family of the characteristics, the generator power is small. The profit is the indication scaling. With a log amplifier you get a linear scaled log display, and if you have small or high RTL values, both are good readable. Simple reflectometer systems use the hole family of characteristics of the diode, so that the lower part of the indication is not linear. As the detector diode it is better to use only Schottky diodes, because they have a high break-down voltage and are sensitive. The sensitiveness can be improved by a bias current of abt. 20 uA. The diode load resistor is 3... ..10 K $\Omega$  .

The voltage from the demodulator has to be indicated. Analog pointer instruments are used for one frequency measuring, digital indication is very sophisticated and only for commercial measurement profitable. For the sweep measuring method is used an oscilloscope, to display without sluggishness on the y-axis the reflection values and on the x-axis the frequency.

Leistung verfügbar ist. In der kommerziellen Meßtechnik arbeitet man nur im quadratischen Kennlinien Bereich; die Meßleistung ist entsprechend gering. Der Vorteil ist in der Anzeigeeinteilung zu sehen. Mit einem Log-Verstärker wird eine linear eingeteilte Log-Darstellung erreicht und große, wie kleine RTL-Werte sind gleichgut abzulesen. Einfache Reflektometersysteme überstreichen den gesamten Kennlinienbereich der Diode, wodurch der untere Bereich der Anzeige gestaucht dargestellt wird. Als Diode sollte man nur Schottky-Dioden verwenden, sie sind durch die hohe Durchbruchspannung und Empfindlichkeit besonders gut geeignet. Die Empfindlichkeit kann durch einen Vorstrom von etwa 20 uA gesteigert werden, als Diodenlastwiderstand sind 3.....10 K üblich.

Die vom Demodulator aus der HF-Welle gewonnene Gleichspannung muß zur Anzeige gebracht werden. Analoge Zeigerinstrumente benutzt man bei Einzelfrequenzmessung; digitale Anzeige ist sehr aufwendig und auch nur in der kommerziellen Meßtechnik vorteilhaft. Für die gewobbelte Meßfrequenzmethode wird ein Oszilloskop benutzt, um trägeitslos auf der y-Achse die Reflektionswerte abzubilden und auf der x-Achse die Frequenz darzustellen.

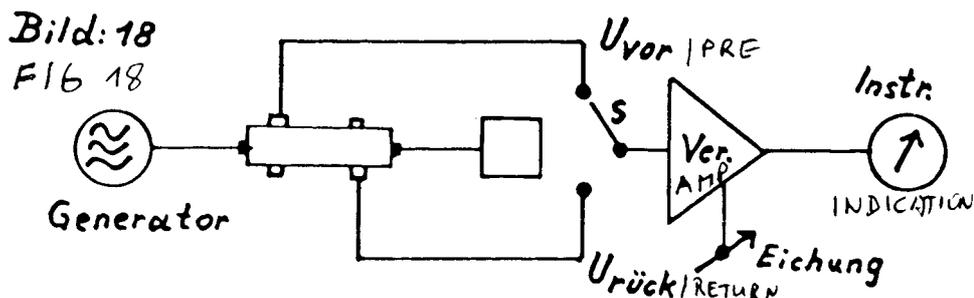


Fig. 18 shows the principle mounting style of a reflectometer system of measurement which is switchable between Upre and Uref, with indication-amplifier which can calibrated, gain control and an uA-meter as an indication. The amplifier is not used, when the uA-meter is very sensitive and matched with pre-resistors to the voltage range.

Bild 18 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines Reflektometersystems mit Umschaltung zwischen Uvor und Urück, Anzeigeverstärker mit Eichmöglichkeit, Verstärkungsregelung und uA-Meter als Anzeigeeinstrument. Der Verstärker erübrigt sich, wenn das Instrument ausreichend empfindlich ist und mit Vorwiderständen an den Spannungsbereich angepaßt werden kann.

Bild:19

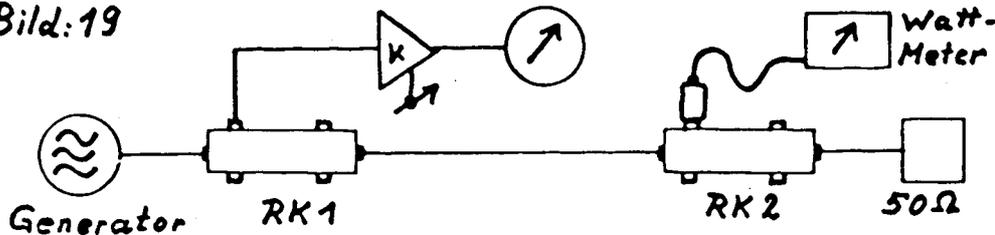


Bild:20

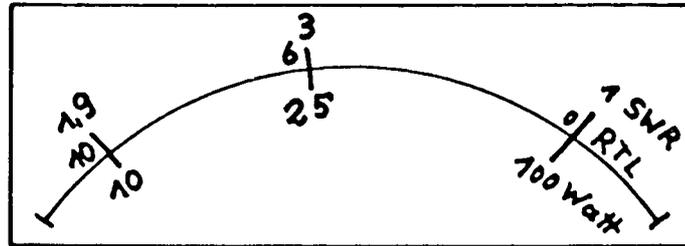


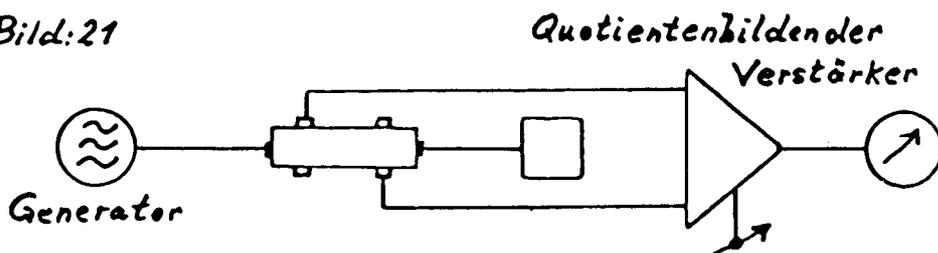
Fig. 19 shows the first calibration of the instrument and it has to be done with well known power.

Before measure, the system has to be calibrated. The switch is locked to Upre. The instrument is set with the generator line or the calibration control to  $SWR = 1$  or  $RTL = 0$  dB. At switch position Uref the matching is displayed as SWR. But at every generator power changing it is necessary to calibrate again. At Fig. 4 is shown a better method of measurement. If the ratio between Upre and Uref. is measured with an IC, than the power differents can be reduced. See also VHF-Communication 2/80.

Bild 19, die Grundeichung des Instrumentes muß mit bekannter Leistung durchgeführt werden.

Vor einer Reflexionsmessung muß das Reflektometersystem geeicht werden. Schalterstellung in Richtung Uvor. Das Instrument wird nun mit der Generatorleistung oder mit dem Eichregler auf  $SWR = 1$  oder  $RTL = 0$  dB eingestellt. In Schalterstellung Urück kann jetzt direkt der Wert der Anpassung als SWR abgelesen werden. Jede Generatorpegeländerung erfordert jedoch eine neue Eichung. In Bild 4 ist eine wesentlich bessere Anzeigeeinheit dargestellt. Durch unmittelbare Verhältnisbildung der Uvor zu Urück mit einem Quotientenbildendem IC werden automatisch Pegelschwankungen nahezu reduziert. Ein praktischer Bauvorschlag von DK 1 OF ist in UKW-Bericht 2/80 zu finden.

Bild:21

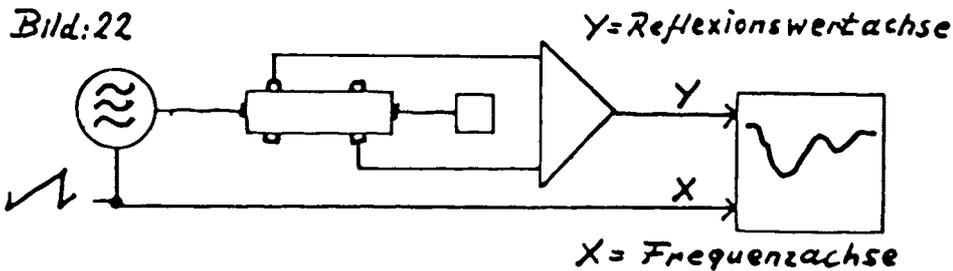


The best way to prepare a reflectometersystem is to use a sweeper as the generator and an oscilloscope as the indication. Here are displayed the reflection values above a great frequency range, changes at the test object

Eine erhebliche Verbesserung des Reflektometersystems ist mit einem Wobbler oder Sweeper als Generator und Oszilloskop als Anzeigeeinheit zu erreichen. Hier werden die Reflektionswerte über einen weiten Frequenzbereich unmittelbar dargestellt,

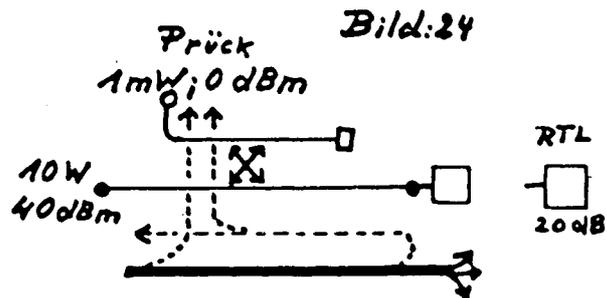
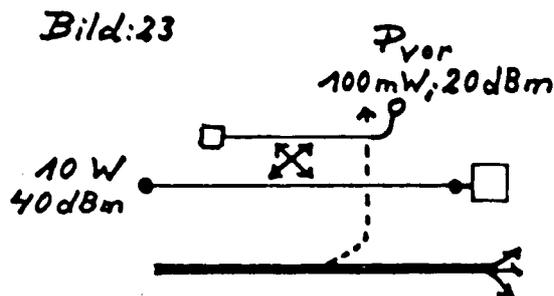
can displayed better.

Veränderungen am Testobjekt sind sofort offensichtlich.



For the directional coupler the most important value is the directivity, which is decisive for the error in measurement, at good matching. The directivity value in dB is the ratio between the outcoupled power of the two parallel lines. Directivity (dB) =  $10 \log \frac{P_{\text{pre}}}{P_{\text{ref}}}$  Fig. 23 shows this relation.

Für den Meßrichtkoppler ist die wichtigste Kenngröße die Richtschärfe, sie bestimmt bei großen RTL Werten, also bei guter Anpassung, ganz erheblich die Meßgenauigkeit. Der Richtschärfewert in dB gibt das Verhältnis von ausgekoppelter Energie bei Vorwärtsbetrieb zu ausgekoppelter Energie bei Rückwärtsbetrieb an. Bild 23 zeigt diesen Zusammenhang mit Werten.



$$\text{Richtschärfe (dB)} = 10 \log \frac{P_{\text{vor}}}{P_{\text{rück}}}$$

Because of the coupling attenuation of 20 dB, the pre running power is attenuated to 20 dBm at the parallel line. It is used a terminating impedance with RTL bigger than 52 dB at 2 GHz, so that the reflected power is nearly zero and not noted. The coupler used in backwards direction connected with the same terminating impedance has to display now no power, but it still shows a value of 1 mW or 0 dBm. At fig. 25 are shown the errors, internal coupling

Aufgrund des Koppelfaktors von 20 dB wird die vorlaufende Energie entsprechend gedämpft, mit 0,1 W oder 20 dBm, am Nebenarm ausgekoppelt. Als Abschlußwiderstand wird ein Präzisionstyp mit RTL = größer 52 dB bei 2GHz benutzt, hiermit ist sichergestellt, daß der Reflexionsbeitrag von dem Abschluß in dem Meßaufbau extrem gering und damit zu vernachlässigen ist. Der Koppler in Rückwärtsrichtung mit gleichen Abschluß betrieben, sollte idealerweise keine Energie am Nebenarm auskoppeln, dennoch messen wir einen Wert von 1mW oder 0 dBm. Wie im Bild 25 durch Pfeile dargestellt, verursachen interne Koppler-

reflections of plugs and insulation pieces, impedance jumps in lines, reflection at the parallel line terminating and so on, and untightness from main- to parallel line does a sum signal at the parallel line and does a not wanted error. At fig. 24 the directivity is 20 dB, not a very good value.

The isolation value is the addition of the directivity and coupling. A backwards running signal is attenuated by the coupling and by the directivity, so we get coupling 20 dB + directivity 20 dB = 40 dB isolation.

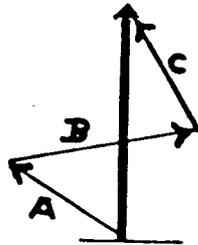
Up to now, we talked only about scalar quantities ( only values no phase ), and not about phase relationship. Here we show the vectorial display of different signals, so it is a better understanding of the errors in measurement.

The signal at the parallel line ( fig. 24 ) because of the directivity, is put together of different signals vectorial to the directivity vector.

Bild:25

Richtschärfe-  
vektor

fig. 25  
directivity vector



A = Reflexion d. Steckers  
B = Impedanzsprung d. Leitung  
C = Undichtigkeit

A = reflection of the plug  
B = impedance jump of the line  
C = untightness

The directivity vector has a value and a phase independent of the generator and load. At fig. 24, we change the termination impedance 52 dB to a termination impedance of 20dB. We know that the reflected wave has the same value as the directivity value. At the heterodyne of this two vectors it gives two extremely falls.

Der Richtschärfevektor behält seinen Betrag und seine Phase unabhängig von der äußeren Beschaltung des Kopplers. In Bild 24 tauschen wir den 52 dB RTL Abschluß mit einem Meßobjekt, das ein Rho von 0,1 oder RTL von 20 dB aufweist. Wir merken sofort, daß hier die reflektierte Welle betragsmäßig identisch mit der Richtschärfewelle ist. Bei Überlagerung dieser gleichgroßen Vektoren ergeben sich 2 Extremfälle:

reflexionen von Stecker, Isolierstützen, Impedanzsprünge im Leitungszug, Reflexion vom Nebenarmabschluß usw. und eine sogenannte Undichtigkeit von Haupt- zu Nebenarm am Nebenarm ein Summensignal diesen unerwünschten Fehler. Laut Bild 24 beträgt die Richtschärfe = 20 dB, kein guter Wert.

Den Isolationswert erhält man durch Addition der Richtschärfe und Kopplung. Ein in Rückwärtsrichtung wanderndes Signal wird zunächst um den Kopplungsfaktor und zusätzlich mit dem Richtschärfewert gedämpft, damit erhalten wir: Kopplung : 20 dB + Richtschärfe: 20 dB = 40 dB (Isolation).

Da hier ein skalares Meßsystem ( nur Beträge, keine Phase ) besprochen wird, war bisher nicht die Rede von Phasenbeziehungen. An dieser Stelle soll die vektorielle Beziehung von verschiedenen Signalen das Zustandekommen vom Meßfehler anschaulich darstellen. Das am Auskoppelarm, Bild 24, aufgrund der Richtschärfe = 20 dB, stehende Signal setzt sich natürlich aus verschiedenen Signalen vektoriell zum Richtschärfevektor zusammen.

1. directionalvector and reflection wave vector are in phase
  2. " and " are 180° out of phase
1. Richtschärfevektor und Reflexionswellenvektor sind in Phase
  2. - dto. - und - dto. - sind 180° außer Phase

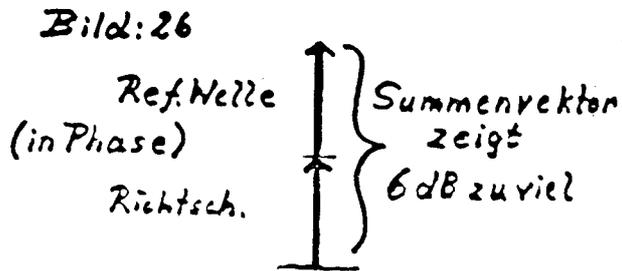


fig. 26  
refl. wave  
(in phase)  
directivity

sumvector  
shows  
6 dB to much

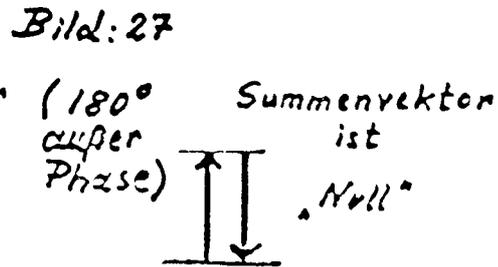


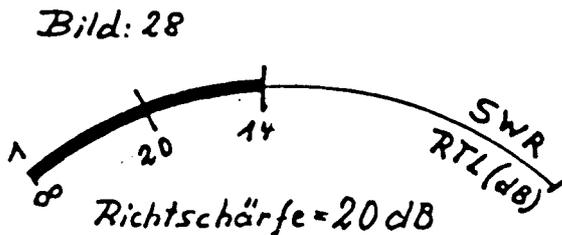
fig. 27  
(180° out  
of phase)

sumvector  
is zero

This facts displayed at our SWR indication shows that there is a big range of misdisplay and big errors are possible.

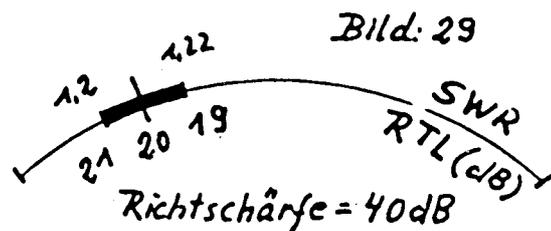
fig. 28/29

Diese Erkenntnis nun auf eine SWR Anzeige übertragen, läßt erkennen, daß sich ein sehr großer Anzeigespielraum ergibt und erhebliche Meßfehler möglich sind.



directivity = 20 dB

You see, that a directional coupler with a directivity of 40 dB displays the right value better, than the coupler with 20 dB. Fig. 30 shows the measured RTL values above a big frequency range.



directivity = 40 dB

Es ist unschwer zu erkennen, daß ein Richtkoppler mit einer Richtschärfe von 40 dB wesentlich genauer den wirklichen Wert anzeigt. Trägt man die gemessenen RTL-Werte über einen breiten Frequenzbereich in ein Diagramm, so entsteht Bild 3

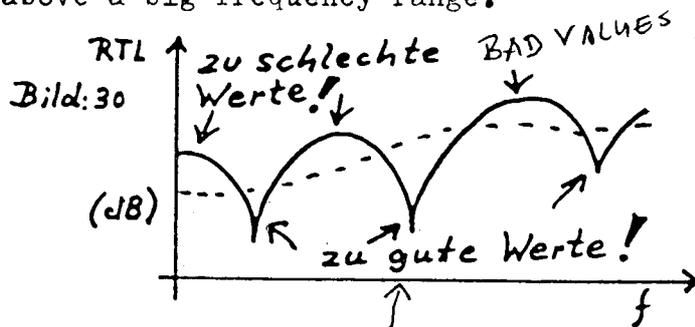


fig. 30 To good values

Gestrichelte Linie  
= wirklicher Wert  
(Nur mit vektoriel-  
ler Meßmethode meßbar)

pointed line  
= real value

(only measurable  
vectorial)

The very good RTL values deceive a good matching. To drop down the errors at a scalar measuring, the directivity has to be more than 15 dB better than the RTL value of the test object. The error is than about 3dB. For example : directivity = 40 dB RTL of the test object = 25 dB, so the indicated value is in the range from 23.5 to 26.5 dB.

Mostly the measurement is done not directly at the test object and at the reflectometer connector, but a coaxial line or an adapter is used. So we have our place where we do our measuring shifted.

Die extrem guten RTL-Spitzenwerte täuschen eine viel zu gute Anpassung vor. Damit das Fehlerfenster bei der skalaren Meßmethode nicht zu groß wird, sollte die Richtschärfe etwa 15 dB größer als der RTL-Wert des Testobjektes sein. Das Ungenauigkeitsfenster hat dann eine Größe von etwa 3 dB. Beispiel: Richtschärfe = 40 dB, RTL des Testobjektes = 25 dB, so kann die Anzeige Werte zwischen 23,5 bis 26,5 dB annehmen.

Die Vermessung eines Testobjektes geschieht in den meisten Fällen nicht unmittelbar am Reflektometeranschluß sondern häufig ist die Zwischenschaltung eines Kabels oder Adapters notwendig. Hierdurch haben wir unsere Meßebeine verlegt.

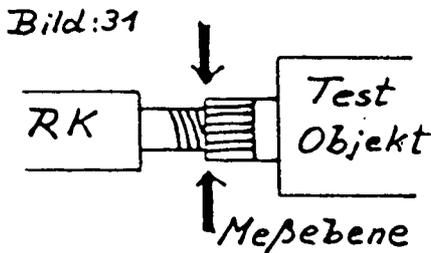


fig. 31 measuring level coupler

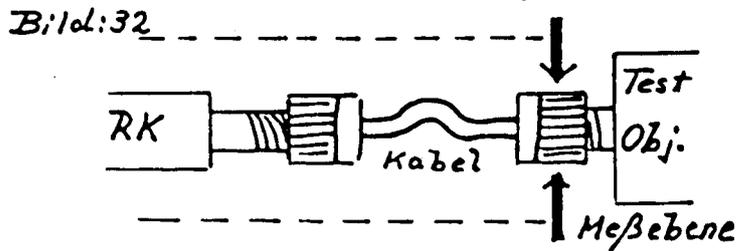
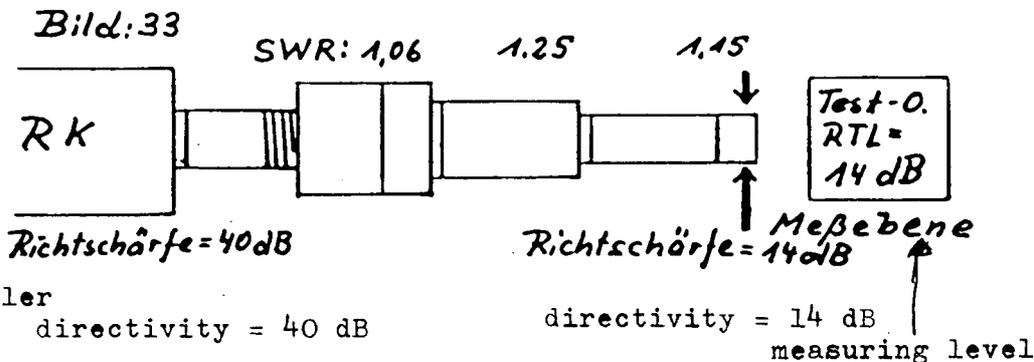


fig. 32 coupler cable measuring level

At fig. 32 we imagine that the coaxial line is in the coupler. Now, the line reflections belong to the internal coupling errors and so it is easy to see, that the directivity value is now not so good. The SWR of a coaxial line runs the directivity direct down. You can see it at fig. 33

In Bild 32 stellen wir uns einfach vor, daß der Koppler in seinen mech. Abmessungen das Koax Kabel mit beinhaltet. Da die Kabelreflexionen nun zu den internen Koppelfehlerbeiträgen zählt, ist es leicht einzusehen, daß die ursprüngliche Richtschärfe des Kopplers erheblich verschlechtert werden muß. Das SWR eines Kabels oder Adapters erniedrigt direkt die Richtschärfe. Bild 33 verdeutlicht dies.



coupler directivity = 40 dB

directivity = 14 dB measuring level

The directional coupler has a very good directivity of 40 dB, but when adapter or coaxial line is used the directivity runs down, here from 40 dB to 14 dB, and so the errors in measurement also became very high. The directivity is called the effective directivity.

Obwohl der Richtkoppler eine hervorragende Richtschärfe von 40 dB hat, ist sie durch Einfügen von guten Adaptern nicht mehr wirksam. Die Richtschärfe dieses Systems erniedrigte sich von 40 auf 14 dB, entsprechend groß werden die Meßfehler diese Systems sein. Die neu erhaltene Richtschärfe wird mit "Effektive Richtschärfe" bezeichnet.

fig. 34

inaccuracy window

Ungenauigkeits  
Fenster

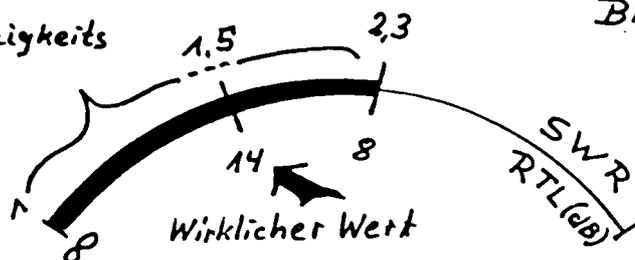


Bild: 34

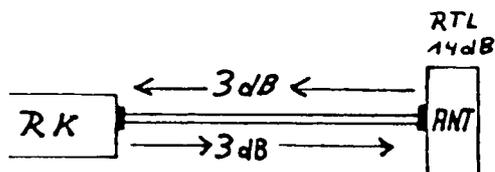
real value

Also an error does the cable loss.

Ein weiterer Fehler verursacht das Einfügen von langen verlustbehafteten Kabeln.

fig. 35

Bild: 35



Die vor- und rücklaufende Welle wird jeweils um 3 dB, also zusammen um 6 dB gedämpft!

coupler the pre-running- and reflected wave are attenuated of 3 dB, together 6 dB !!

The RTL value of the antenna is displayed with 20 dB to good, the real value is 14 dB.

Der RTL-Wert wird mit 20 dB um 6 dB zu gut angezeigt, wirklicher RTL Wert der Ant. = 14 dB.

Pay attention : coaxial line, adapter run down the "effective system directivity" and makes the error in measurement bigger!

Merke: Kabel, Adapter verschlechtern die "Effektive Richtschärfe" und vergrößern das Ungenauigkeitsfenster des Reflektometers!!!