

REFLECTOMETER WITH COAXIAL COUPLER

by J. Ehrlich, DF 3 CK

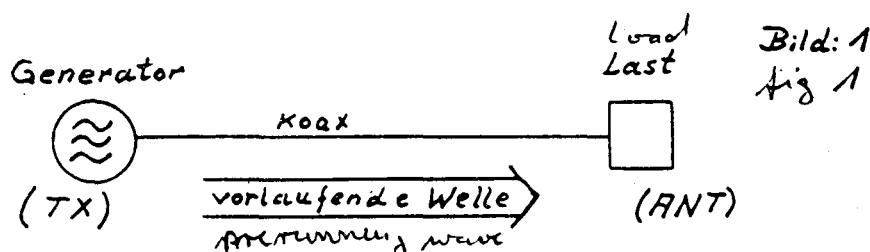
To carry over rf power between generator (tx) and load (ant.), it is necessary to get best matching, to carry over maximal power. The transmission line is mostly coaxial line 50Ω , so the measurement is also with 50Ω impedance. The problem for OMs is, to get a good measurement to check the matching between transmitter and antenna or between two stages.

For higher frequencies (70cm 23cm 13cm aso.) only a few OMs, with contacts to the industry, can make measurings on this bands. Since some years it has changed, now there are very good directional coupler obtainable also for OMs. so the UHF/SHF interested OM is able to measure at these bands and to activate.

The energy is carry over through a coaxial line from the generator to the load. If generator and load are matched optimal, so the hole energy is transposed to heat in the load, coaxial line and load loss are idealized neglected. That is the prerunning energy and the prerunning wave or power.

Zur HF-Leistungs-Übertragung vom Generator zur Last muß man optimale Anpassung erreichen, um maximale Leistung zu übertragen. Als Übertragungsleitung wird Koaxialkabel mit 50Ω benutzt, so findet man meist Meßgeräte mit 50Ω . Das Problem ist nun, gute Meßgeräte zum messen von Stufen und Antennen zu bekommen. Die höheren Bänder (70cm 23cm usw.) konnten nur wenige OMs mit Beziehungen zur Industrie vermessen. Das hat sich nun geändert, da nun sehr gute Richtkoppler erhältlich sind. Dadurch ist der SHF interessierte OM nun in der Lage im UHF/SHF Bereich Anpassung zu messen und diese Bänder zu aktivieren.

Mit einem Koaxial Kabel wird Energie vom Generator (TX) in Richtung Last (Ant.) übertragen. Sind Generator und Last impedanzmäßig richtig angepaßt, so wird die gesamte Energie in der Last in Wärme umgesetzt. Koaxialkabel- und Antennenverluste sind idealerweise vernachlässigt. Man spricht deshalb auch von der vorlaufenden Energie und von der vorlaufenden Welle oder Leistung.

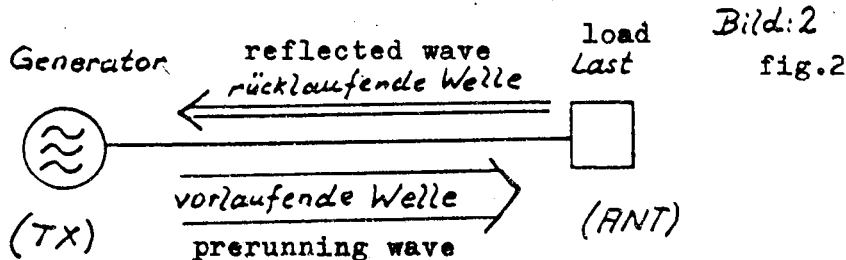


We know, nothing is perfect, the load impedance is not the same as the coaxial line impedance, some

Nun wissen wir, nichts ist perfekt, die Last-Impedanz ist nicht gleich der Koax-Impedanz; ein Teil der

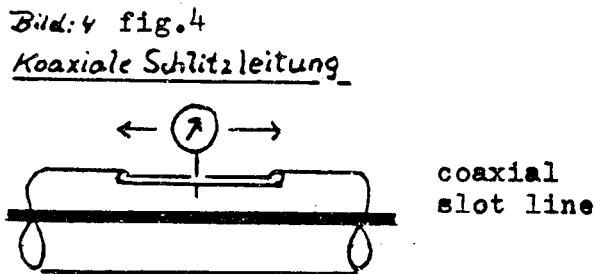
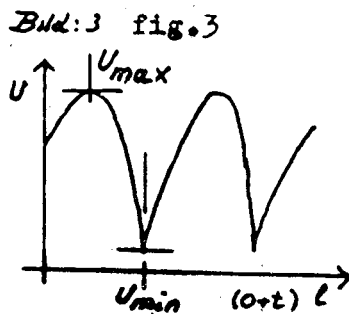
thing of the prerunning power does not carry over, but is reflected to the generator. So there are two waves, a prerunning wave and a reflected wave in different directions on the coaxial line.

vorlaufenden Leistung wird nicht übertragen sondern zum Generator zurückgeschickt, reflektiert. Somit laufen 2 Wellen, eine vorlaufende und eine rücklaufende Welle in entgegengesetzten Richtungen auf dem Koaxialkabel.



Through heterodyne from both waves it gives the well known wave model, fig. 3, on the x axis is the voltage and on the y axis the locality. In a slot line (fig. 4) the sum of the fields is indicated with a detecting element at a fixed place. The voltage ratio (fig. 3), U_{max} at place 1 to U_{min} at place 2, is the standing wave ratio and it gives information about the matching.

Durch Überlagerung beider Wellen entsteht das bekannte Wellenmuster (Bild 3) auf X-Achse = U, und auf Y-Achse = Ort. In einer Schlitzeitung (Bild 4) kann man die Summe der Felder an einem bestimmten Ort mittels Meßsonde auskoppeln und zur Anzeige bringen. Das Spannungsverhältnis (Bild 3), U_{max} Ort 1 zu U_{min} Ort 2 wird als Stehwellenverhältnis bezeichnet und gibt Auskunft über die vorliegende Anpassung.



We don't talk about phase relation of the waves, but only about the amounts of the waves, scalar not vectorial. The most microwave components have dials which find out with scalar measurement. The values have already a frequency designation.

Wir berücksichtigen keine Phasenbeziehungen der Wellen, sondern betrachten nur die Beträge der einzelnen Wellen, also skalar und nicht vektorieil. Meistens sind die Mikrowellenbauteile mit Daten versehen, die mit der skalaren Meßmethode ermittelt wurden.

Rho = reflection coefficient
voltage ratio
between reflected
& prerunning wave

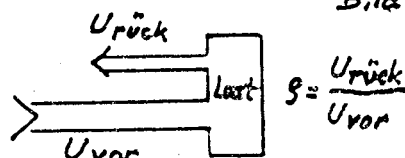


Bild: 6
Rho = Reflektionskoeffizient
Spannungsverhältnis von
rücklaufender zur vorlaufender Welle

RTL = Return Loss
 reflected coefficient
 logarithmic the return
 loss value (in db) is
 the measured value
 which tells how much
 the reflected wave is
 lower than the prerun-
 ning wave

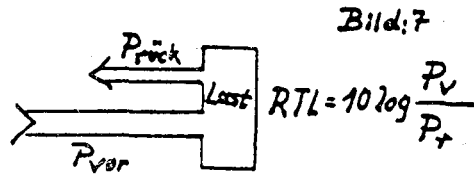


Bild: 7

Rtl=Rückflußdämpfung
 Reflektionskoeffizient
 logarithmisch. Der RTL-
 Wert in db ist ein Maß
 um wieviel db die rück-
 laufende Welle geringer
 als die vorlaufende
 Welle ist.

SWR = Standing Wave Ratio
 Two waves on a line are
 added vectorial. $U_{max} =$
 $|U_{vor}| + |U_{refl}|$ in phase.
 $U_{min} = |U_{vor}| - |U_{refl}|$
 180° out of phase.
 measured with a slot line

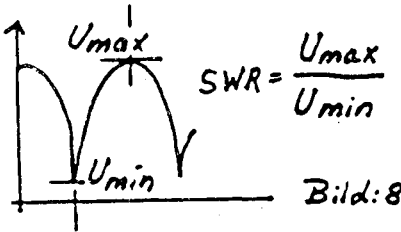


Bild: 8

SWR = Stehwellenverhältnis
 Zwei Wellen auf einer Lei-
 tung addieren sich vektö-
 riell. $U_{max} = |U_{vor}| + |U_{refl}|$
 (in Phase) $U_{min} = |U_{vor}| -$
 $|U_{refl}|$ (180° außer Phase)
 Mit einer Schlitzleitung
 gemessen.

optimal matching
 $Z_{load} = Z_{coax}$

fig. 9

total reflection
 $Z_{load} = 0$ or ∞

Optimale Anpassung
 $Z_{Last} = Z_{Koax}$

Totalreflexion
 $Z_{Last} = 0$ oder unendlich

0	—————	ρ (Rho)	—————	1
∞	—————	RTL	—————	0
1	—————	SWR	—————	∞
0	—————	SWR_{dB}	—————	∞

Bild: 9

The directional coupler separates
 on a line two waves with different
 directions. So it is possible to
 measure only the prerunning wave
 or the reflected wave, and to
 compare both values. Better is a
 combination of both, a two way
 directional coupler or a reflecto-
 meter.

Fig. 10/11 shows a coaxial direc-
 tional coupler with mixed coupling.
 A directional coupler has an input-
 and output connector (N-Norm)
 which is connected with the main
 line. A parallel line is coupling
 out some rf power, like the geome-
 tric conditions. The parallel line
 is terminated at both ends corres-
 ponding the characteristic impedance.

Der Richtkoppler trennt 2 HF-Wellen,
 die auf einer Übertragungsleitung in
 unterschiedlichen Richtungen laufen.
 Dadurch ist es möglich, eine Teilkom-
 ponente der vorlaufenden Welle oder
 der rücklaufenden Welle auszukoppeln
 und amplitudenmäßig zu bestimmen und
 zu vergleichen. Besser wäre ein Kop-
 pler der beides vereint und als Re-
 flektometer bezeichnet wird.

Bild 10/11 zeigt einen Koaxial-Richt-
 koppler, der mit gemischter Kopplung
 arbeitet. Ein Richtkoppler besteht
 aus Ein- und Ausgang (N-Stecker oder
 Buchse), die durch die Hauptleitung v
 verbunden sind. Eine Nebenleitung kop-
 pelt entsprechend der geometrischen
 Verhältnisse eine entsprechende HF-
 Leistung aus. Die Nebenleitung ist
 mit ihrer charakteristischen Impedanz
 an beiden Enden abgeschlossen.

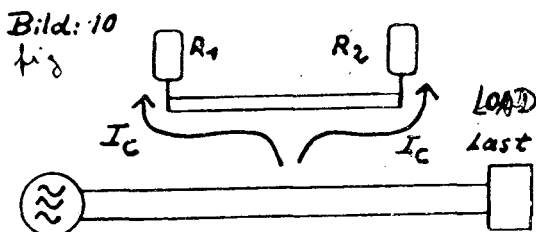


Bild: 10
 fig

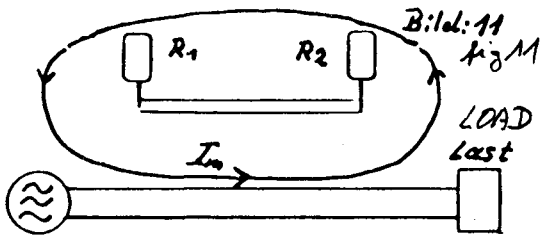
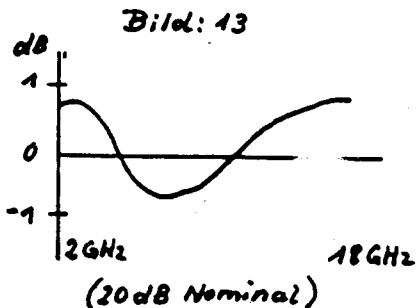


Fig.12 shows, that there is no indication of the prerunning component, because I_c and I_m cancel at R_1 . At R_2 is a indication, because I_c and I_m are added. In this direction only the reflected wave is coupled out and indicated.

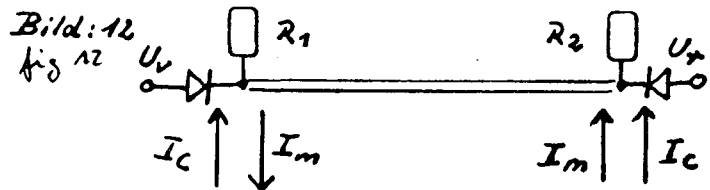
The technical dates of a directional coupler are very important, here are the main points.

Frequency range :
 small range, or some octaves
 2 GHz - 18 GHz aso.
 Connectors :
 most N-norm mal or female

Flänge :
 wave guide directional coupler
 as the case may be for example
 X-band, 8.2 - 12.4 GHz, WR 90,
 UG-135/U
 Coupling :
 coupling loss between main
 line and parallel line in db
 3,6,10,20,30 or 40 for a limited
 frequency range for example
 fig.13/14 2GHz - 18GHz +/- 1db



Mittels HF-Demodulator wird die ausgekoppelte HF-Komponente zur Anzeige gebracht. Die magnetische und kapazitive Kopplung zusammen bewirken die Richtungsabhängigkeit. Bild 12 verdeutlicht, daß keine vorlaufende Komponente zur Anzeige gelangt, da I_c und I_m sich an R_1 aufheben. An R_2 findet jedoch aufgrund der Addition von I_c und I_m eine Übertragung statt. In dieser Richtung betrieben wird nur die rücklaufende Welle ausgekoppelt und angezeigt.

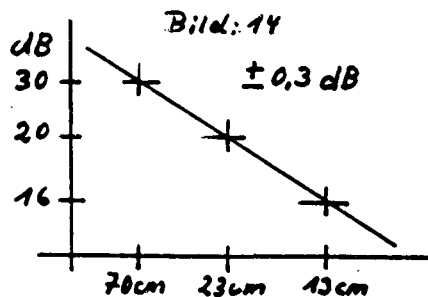


Nachstehend aufgeführte Daten sind wichtige Kenngrößen eines Richtkopplers, die entsprechenden Begriffe mit typischen Werten nachstehend.

Frequenzbereich :
 Schmalere Bereich einige 100MHz im
 GHz-Bereich oder breit 2-18 GHz zB-
 Stecker :
 N-Norm 50Ω männlich oder weiblich

Flänge :
 Hohlleiter richtkoppler, Flänge je
 nach Band zB. X-Band, 8,2...12,4 GHz
 WR90, UG-135/U.

Kopplung :
 Auskoppeldämpfung zwischen Haupt-
 leitung und Nebenarm in db: 3,6,10,
 20,30, oder 40 db für eine bestimmte
 Frequenz zB. 2 - 18 GHz 20 db +/- 1



Tracking :

At a two way directional coupler the difference between both parallel lines, for example +/- 0.2db +/- 0.5db

SWR :

on the main line 1.1 db to 1.5db connectors does the most

Directivity, :

The most important characteristic quantity, it is decisive for the measurement accuracy at low reflection values. It has to decide from prerunning to reflected wave in db 20,30,40 db (if possible high values)

Isolation :

= directivity + coupling (db)

Power :

permanance power, pulse power limitation through internal park over voltage, power of the parallel line resistor, plug aso.

Insertion loss :

coupling loss in the coupler and loss through the out coupling power 3db coupler : insertion loss 3.2 db to 3.5db. 20db coupler : insertion loss 0.2 - 0.5 db

Other declarations like weight, phase relationship , temperatur are not unbresting for amateurs.

You can see, it is not easy to build a good directional coupler on a kitchen table, so it is very interesting that you can buy a precise directional coupler with very good dates.

In praectice the directional coupler is placed between the generator and the testobjekt. So we have a complete reflectometer system to measure the amplitude value without phase information.

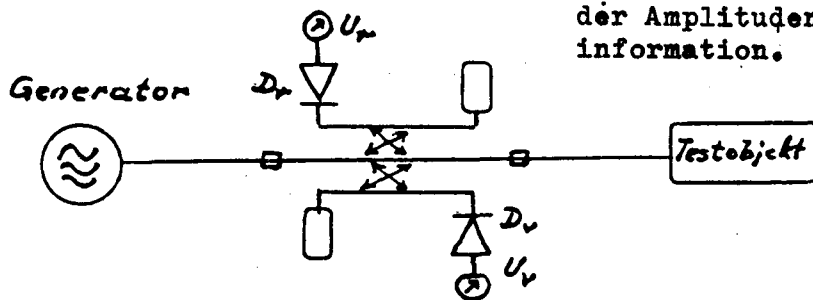


fig 15

Tracking :

Bei dem Zweiweg-Koppler vergleicht man die Kopplung der beiden Nebenarme (Tracking) -/+ 0,2 db ... +/- 0,5 db

SWR :

Hauptleitung: 1,1db...1,5db (Der Stecker liefert das meiste)

Richtschärfe :

Wichtigste Kenngröße, bestimmt überwiegend die Meßgenauigkeit, bei kleinen Reflektionswerten. Das Trennvermögen der Signalrichtung in db : 20,30,40,db (solltex möglichst groß sein)

Isolation :

= Richtschärfe + Kopplung (in db)

Leistung :

Dauerleistung, Pulsleistung Begrenzung durch interne Spannungsüberschläge, Leistung des Nebenarmwiderstandes, Stecker.

Einfügungsdämpfung :

Übertragungsverluste im Koppler und Berücksichtigung der bereits ausgekoppelten Energie, zB. 3db Koppler : Einfügungsdämpfung ca. 3,2...3,5db 20db Koppler ca. 0,2...0,5db

Weitere Angaben wie Phasenverlauf, Gewicht, Abmessungen, Temperatur usw. sind für uns nicht relevant.

Wie man sieht kann man einen guten Richtkoppler nicht ohne weiters mit Hammer und Beißzange auf dem Küchentisch fertigen, Es ist daher besonders erfreulich, daß ein präziser und preisgünstiger Richtkoppler mit hervorragenden Daten im Amateurfunkhandel erhältlich ist.

Im praktischen Einsatz wird der Richtkoppler zwischen Generator (TX) und Testobjekt (Last,Ant.) eingefügt. Wir erhalten damit ein komplettes Reflektometersystem, zur Gewinnung der Amplitudenbeträge ohne Phaseninformation.

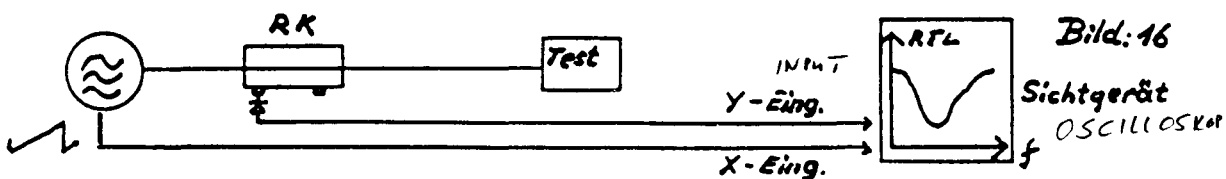
(the arrows shows only the transmission direction, and do not agree with the physical construction) The reflectionsystem includes generator, coupler, detection, indication.

The generator does the measure frequency, normally we have out Tx for this job. It has much power, but only a little frequency range. To check to match retain over a great frequency range, it is better to use a frequency generator. The frequency stability is not very important. A variable UHF tuner oscillator is useful. It is better to use a sweeper or a wobulator, which can sweep automaticly a frequency range. With an oscilloscope, as an indication, it is possible to display at a wide frequency range the matching. Sweeper frequency and oscilloscope x-axis deflection are controlled by a synchronous one saw-tooth voltage.

(Die Pfeile geben die Übertragungsrichtung an und müssen nicht mit dem physikalischen Aufbau und Funktion übereinstimmen)

Unser Reflektometersystem besteht aus: Generator, Koppler, Detektor, Anzeigeeinrichtung.

Der Generator liefert uns die Meßfrequenz, üblicherweise unser Tx. Er gibt zwar eine große Ausgangsleistung ab, hat jedoch nur einen sehr kleinen Frequenzvariationsbereich. Um das Anpaßverhalten über einen größeren Frequenzbereich beurteilen zu können, ist es zweckmäßig mit einem Generator zu arbeiten. Frequenzstabilität ist unkritisch. Ein durchstimmbares UHF-Tuneroszillator ließe sich verwenden. Idealer wäre ein Wobbler oder Sweeper der automatisch einen bestimmten Frequenzbereich durchfährt. In Zusammenhang mit einem Oszilloskop, als Anzeigeeinheit, ließe sich direkt breitbandig und auf einen Blick, erfaßbar die Anpassung darstellen. Sweeperfrequenz und Oszilloskop x-Ablenkung werden synchron von einer Sägezahnspannung gesteuert.



Important is the power or the amplitude of the generator, the Tx has certainly enough power, that means enough amplitude for the detectors. You have to take into consideration, that the coupler for example has 20db, so the detection diode has only 1/10 of the prerunning voltage wave, or badly the testobject has $\rho=0.1$ $RTL=20db$, so the reflected wave at the outcoupling line has only 1/100 of the amplitude voltage of the prerunning wave. The generator power decides so the dynamic range of the reflectometer system.

Wichtig ist die Leistung oder Amplitude des Generators, der Tx ist sicherlich leicht in der Lage einige Watt HF zu liefern, das heißt für die Koppler-HF-Demodulatoren, es ist ausreichend Amplitude vorhanden. Man muß ja berücksichtigen, daß der Koppler zB. mit 20db, die auf der Hauptleitung vorlaufende Welle, der Demodulator diode somit nur 1/10 der vorlaufenden Spannungswelle angeboten bekommt, oder noch ungünstiger, das Testobjekt hat eine $\rho=0.1$ $RTL=20db$, das wiederum erzeugt an dem Auskopplarm für rücklaufende Welle nur noch eine Spannungsamplitude von 1/100 der vorlaufenden Welle.

continued in DUBUS 2/83

Wird in 2/83 fortgesetzt!

REFLECTOMETER WITH COAXIAL COUPLER

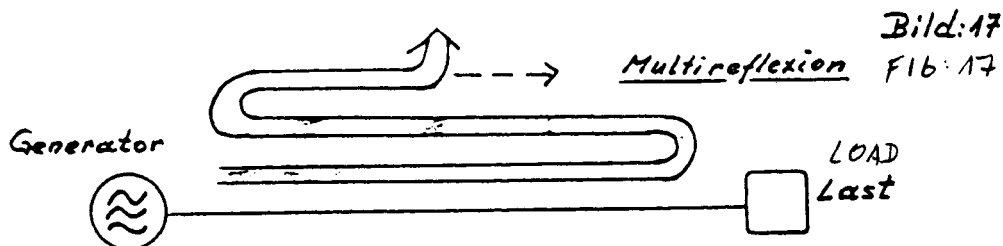
=====

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 Ω .

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 trägeheitslos auf der y-Achse die Reflektionswerte abzubilden und auf der x-Achse die Frequenz darzustellen.

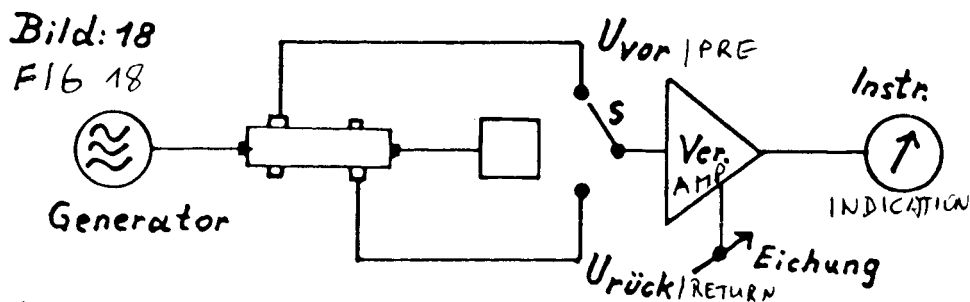


Fig. 18 shows the principle mounting style of a reflectometer system of measurement which is switchable between U_{pre} and U_{ref} , with indication-amplifier which can calibrated, gain control and an uA-meter as an indication. The amplifier is not used, when the uA-meter is very sensitive and matched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

Bild 18 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines Reflektometersystems mit Umschaltung zwischen U_{vor} und $U_{rück}$, 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

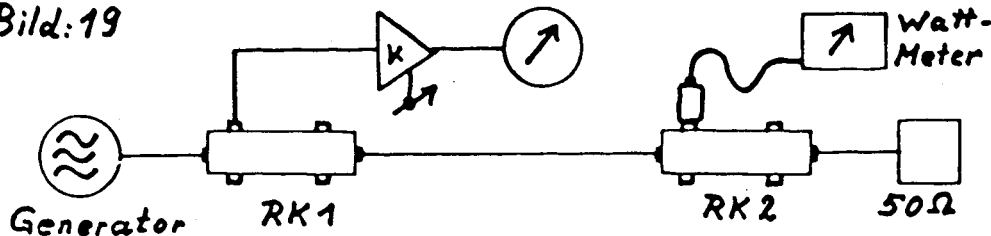


Bild:20

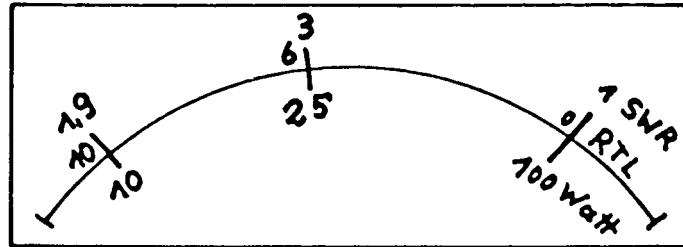


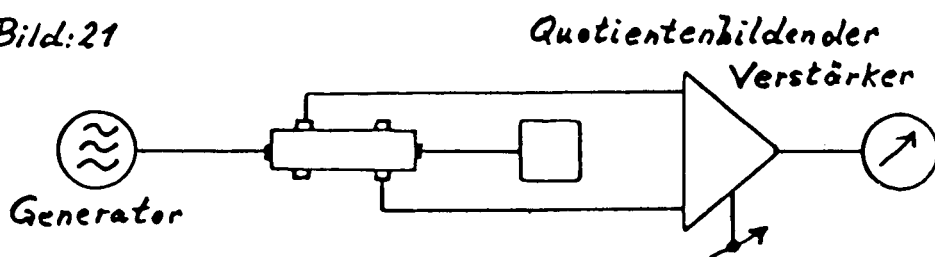
Fig. 19 shows the first calibration of the instrument and it has to be done with well known power.

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 differentials 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

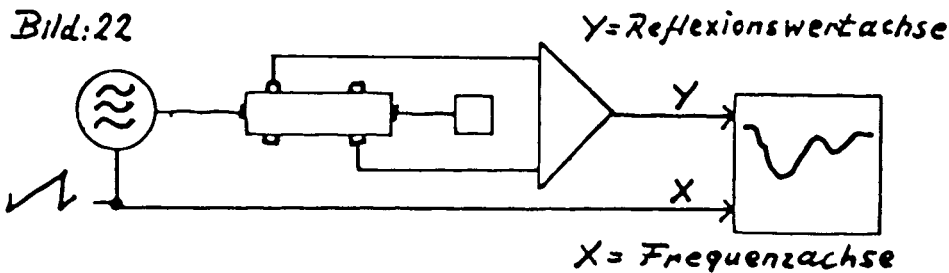


The best way to prepare a reflectometersystem is to use a sweeper as the generator and an oscilloscope as the indication. Here are displayed the reflection values above a great frequency range, changes at the test object

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,

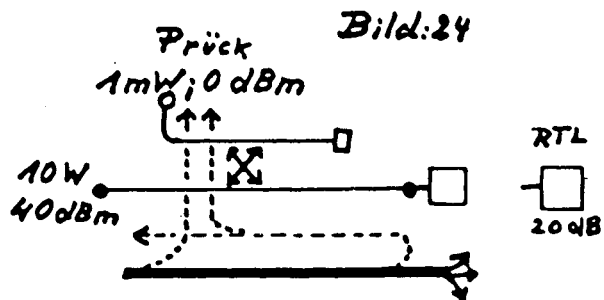
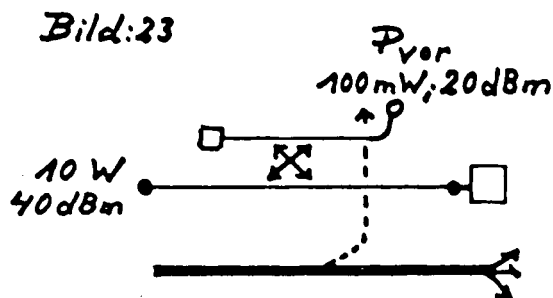
can displayed better.

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.

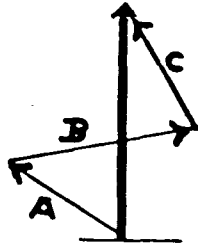
Up to now, we talked only about scalar quantities (only values no phase), and not about phase relationship. Here we show the vectorial display of different signals, so it is a better understanding of the errors in measurement.

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

Richtschärfevektor

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 directivityvector 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 extremly 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 Summsignal 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 Meßfehlern 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

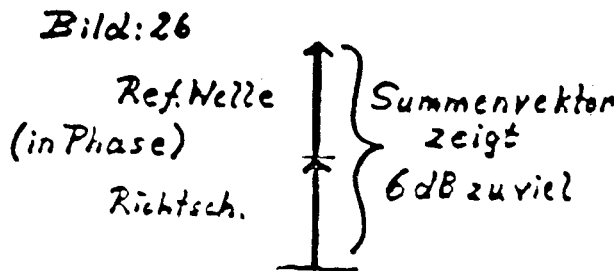
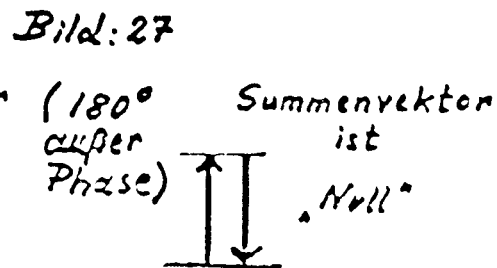


fig. 26
refl. wave
(in phase)
directivity



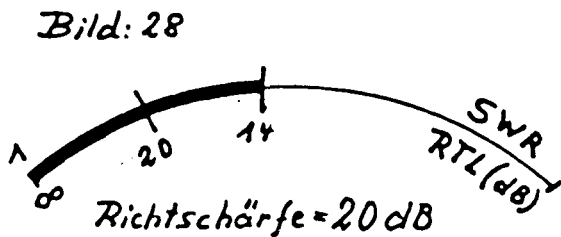
sumvector
shows
6 dB to much

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.

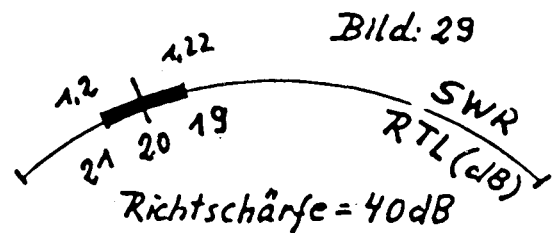
fig. 28/29

Diese Erkenntnis nun auf eine SWR Anzeige übertragen, läßt erkennen, daß sich ein sehr großer Anzeigenspielraum 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

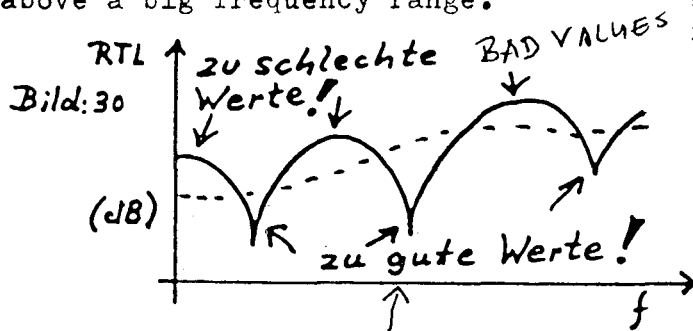


fig. 30 To good values

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.

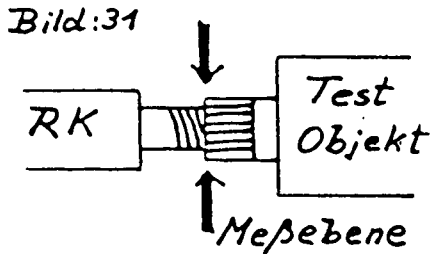


fig. 31 measuring level coupler

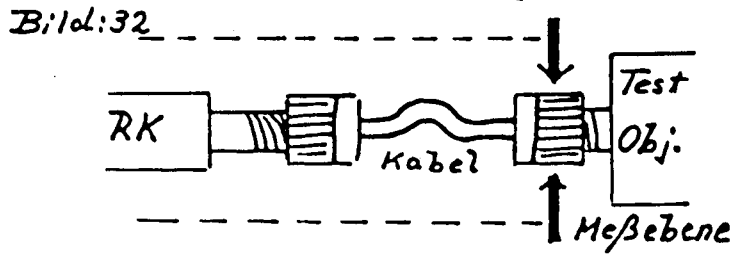
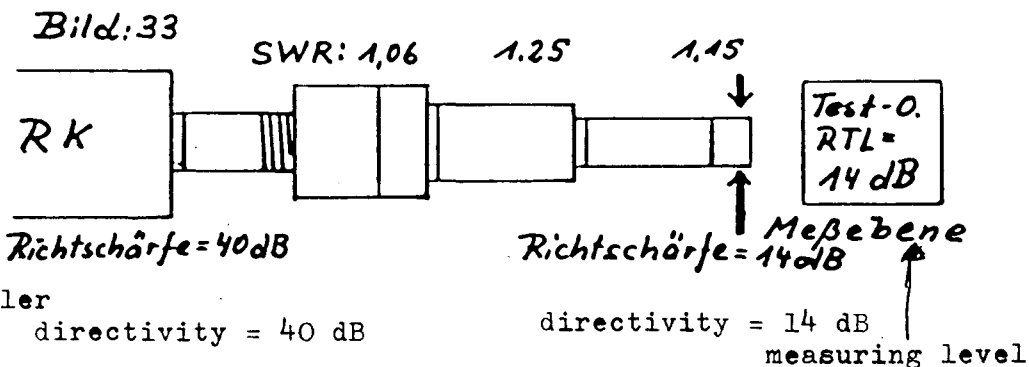


fig. 32 coupler cable measuring level

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

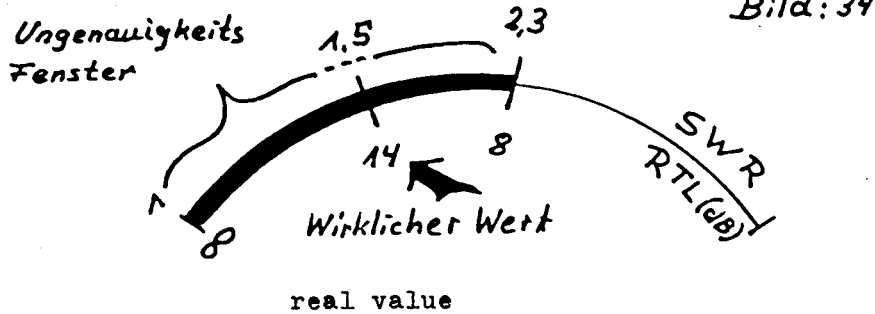
directivity = 14 dB measuring level

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

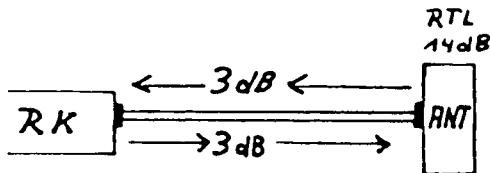


Also an error does the cable loss.

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!!!