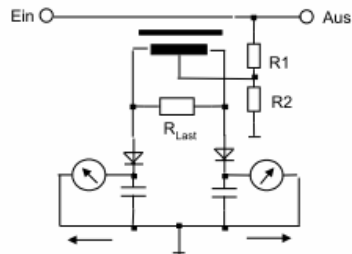


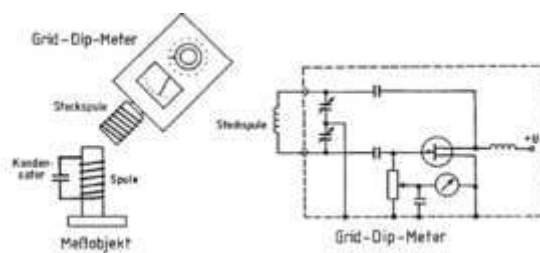
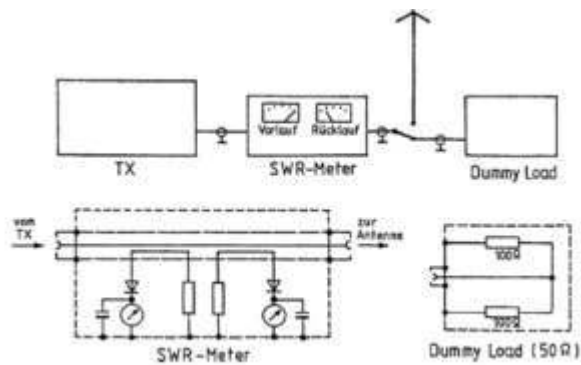
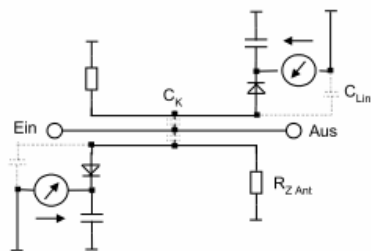
Der Transformator-Richtkoppler

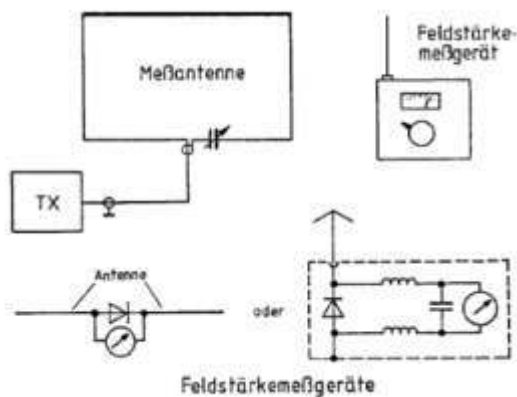
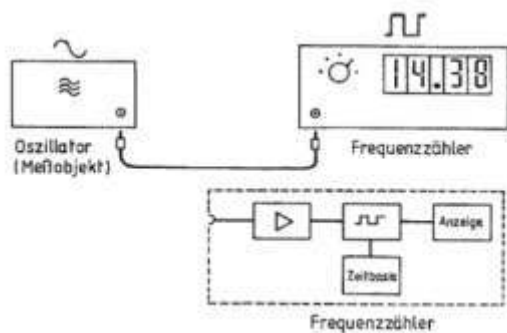
1,5 bis 30 MHz



Der Antennen-Richtkoppler

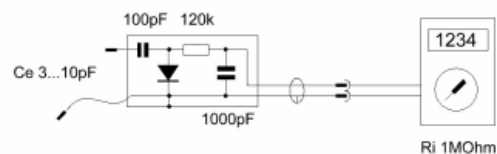
Antennenlänge $< \lambda/4$





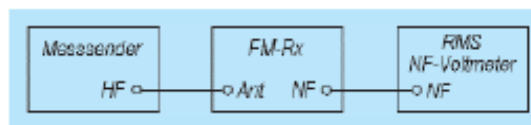
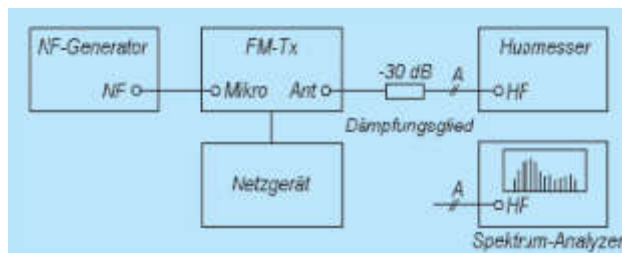
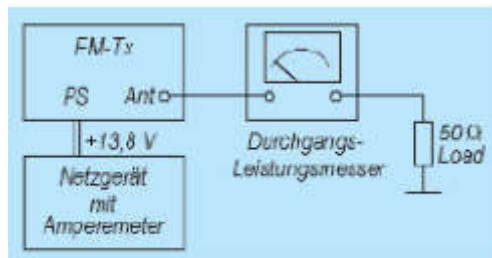
Selbstbau-Hf-Tastkopf

Für Messungen an HF-Quellen ist schon bei niedrigen Frequenzen, also etwa ab Lang- bis Mittelwelle, ein Tastkopf unerlässlich, da sonst übliche Wechselspannungsmessgeräte undefinierte Eingangswiderstände und –kapazitäten aufweisen, ihre obere Grenzfrequenz schnell überschritten ist und die Ankopplung über Messleitungen HF-mäßig unübersichtlich wird. Ein Tastkopf kann mit seinem HF-relevanten Teil ganz nahe an die Quelle herangebracht werden, weist eine kleine Eingangskapazität und ausreichend hohen Eingangswiderstand auf und ist, je nach Aufbau und verwendeter Gleichrichterdiode, bis zu hohen Frequenzen, gut etwa bis zum 2-m-Band, zur bloßen Anzeige und mit geeigneter Diode auch bis 70cm einsetzbar.



Das Bild zeigt die Standard-Schaltung eines HF-Tastkopfes, ausgelegt für eine untere Grenzfrequenz von etwa 100 kHz. Diese bestimmt sich durch das Verhältnis des Blindwiderstandes des Koppelkondensators (der zur Gleichspannungstrennung nötig ist) zur dahinter liegenden Wirklast. Sie beträgt hier, bezogen auf die Messung an einem Schwingkreis in Resonanz, etwa $100k\Omega$. Die obere Grenzfrequenz ergibt sich durch den geometrischen Aufbau – möglichst kurz und klein – und die Eigenschaften der verwendeten Diode. Für Kurzwellen taugen Standard-Spitzendioden gut, für höhere Frequenzen wären HP-Schottky-Dioden 28xx eine gute Wahl. Achtung! Immer, aber besonders bei Schottky-Dioden, ist die Sperrspannungsgrenze ($U_{\max \text{ eff}} \times 2,8$), die zwischen 30 und $70V_{dc}$ liegt, zu beachten.

Die Proportionalität der Ausgangsgleichspannung U_{dc} zur Eingangswechselspannung U_{eff} einer solchen Schaltung geht unterhalb von $3V_{eff}$ in eine quadratische Funktion über. Da aber gerade die kleineren Spannungen von Interesse sind und dem Normalfunkamateurl die Berücksichtigung der zunehmenden Nichtlinearität durch individuelle Skalenzeichnung oder gar Prozessor gesteuert nur selten möglich sein wird, muss dieser sich für zuverlässige Messungen mit Korrekturkurven etwa der folgenden Art begnügen.



Fehlanpassung, SWR

Ein „schlechtes“ Stehwellenverhältnis, etwa größer als 1,5, verhindert, dass die zur Verfügung stehende Sendeleistung vollständig an die Antenne zur Abstrahlung gelangt.

Durch entsprechende Fehlanpassung wird ein Teil der „vorlaufenden“ Leistung wieder zurück zum Sender reflektiert und geht damit als effektive Strahlungsleistung verloren.

Betrachtet man jedoch die Zahlenwerte, so erkennt man, dass selbst bei einem (V)SWR (voltage standing wave ratio) von 2 nur 11 % der Leistung oder 33 % der Spannung wieder zurückkommen, das macht empfangsseitig nur den Bruchteil einer S-Stufe (□ 80%) aus.

Die rücklaufende Spannung kann jedoch bei entsprechender Phasenlage am Sender zu einer Überhöhung führen, welche bei modernen Transceivern ein Zurückregeln der Ausgangsspannung durch die ALC (automatic level control) zum Schutz der spannungsempfindlichen Transistor-Endstufen bewirkt und damit die Ausgangsleistung meist stark reduziert.

Daher ist es schon nützlich, Speiseleitungen mit „schlechtem“ SWR durch externe oder interne Anpassungsnetzwerke (Matchboxen, Tuner) so zu korrigieren, dass der Sender wenigstens seine volle Leistung abgeben kann.

Bei extrem schlechten SWR-Werten der Speiseleitung (etwa >2,5) ist durch die Welligkeit dort mit zunehmenden Verlusten zu rechnen, was im VHF/UHF-Bereich schon spürbar werden kann.

Es ist also bei unserem Hobby nicht nötig, sich beim SWR mit der zweiten Stelle hinter dem Komma nach der Eins zu beschäftigen. Viel wichtiger sind eine ordentliche Antenne mit guten Abstrahlverhältnissen, verlustarme Speiseleitungen und bei Kurzwellen die Ausbreitungsbedingungen, dann macht ein SWR von 2 immer noch einen guten Job!.

Mantelwellen

Wenn auf einem Leittersystem, einem Koax -Kabel, längs des Außenleiters eine Spannung der Speise(Sende-)frequenz zu beobachten ist, spricht man von Mantelwellen.

Man merkt das etwa durch kleine Funkenbildung während des Sendens bei Berührung von metallische n geerdeten(?) Teilen der Sendeanlage.

Unter Umständen können Mantelwellen auch nachgewiesen werden, wenn man eine kleine Niederspannungsglühlampe fest am Schraubsockel hält und mit dem Mittelkontakt eben diese Metallteile berührt, sie wird aufleuchten.

Mantelwellen haben nichts mit Fehlanpassung, also mit einem schlechtem Stehwellen-verhältnis zu tun!

Sie entstehen dann, wenn nicht aller HF-Strom, der den Innenleiter des Kabels an dessen Ende verlässt, auch wieder über den Außenleiter zurückkehrt.

Das ist der Fall, bei unsauberem Anschluss der Last an das Leitungssystem, wie etwa, wenn man einen Strahler („Vertikal“) nur an den Innenleiter der Speiseleitung anschließen würde.

Nur wenn der Außenleiter völlig HF-geerdet ist oder wenigstens ordentlich abgestimmte Radiale erhält, werden Mantelwellen verhindert oder minimiert.

Auch wenn die Koax-Ableitung eines Dipol -Baluns nicht gut genug rechtwinklig zu den Strahlern erfolgt, kann eine Dipolhälfte auf den Kabelmantel einwirken.

Es ist also falsch, Mantelwellen zuerst mit so genannten Mantelwellensperren zu bekämpfen.

Ausführung A

Es wird auf einen Ferrit-Ringkern ein Koaxkabel gemäß beiliegender Abbildung aufgewickelt.

Leistung 100 Watt
Ringkern Amidon FT140-43, 2 mal 6 Windungen RG58

Leistung 1000 Watt
Ringkern Amidon FT240-43, 2 mal 5 Windungen
Teflon-Kabel RG400



Ausführung B

Aufwicklung von 12 bis 20 Ringkernen FB77-1024 auf ein Koaxkabel Typ RG213.
Amidon Material -73 oder -77



Mantelwellensperre

Ein klassischer Fall von Antennenmurks in diesem Sinn ist die „endgespeiste“ Antenne, früher auch weniger vornehm Langdraht - oder L-Antenne genannt.

Sie arbeitet gegen den Schutzleiter, die Raumkapazität der daran angeschlossenen Geräte und schließlich gegen das Stromnetz als Gegengewicht, mit all den daraus resultierenden Störeffekten aktiver und passiver (aufnehmender) Art.

An einer solchen Station kann man auch eine 100Watt-Glühlampe am Trans ceivergehäuse zum Leuchten bringen und es sind Fälle bekannt, dass beim Betätigen der Taste (heute PTT hi) im Schlafzimmer der benachbarten Wohnung die **Deckenbeleuchtung angeht**.

Das Geheimnis des Richtkopplers

Zum allgemeinen Verständnis

Das Geheimnis eines Richtkopplers, der Kernschaltung eines Stehwellenmessgerätes, ist doch, dass dieser "weiß", in welche Richtung sich die ihn durchfließende Wechselstrom-leistung bewegt.

Bei Gleichstrom ist das ja ganz einfach. Bei Wechselstrom müssen jedoch die beiden leistungsbestimmenden Größen Strom und Spannung in gleichartige Größen umgewandelt und deren Augenblickswerte in Beziehung gesetzt werden. Üblicherweise wird die Stromkomponente in Spannung umgesetzt und in richtigem Maßstab mit der aktuellen Spannung in Beziehung gebracht. In der Funktechnik herrschen zwei Ausführungsformen des Richtkopplers vor (siehe Bilder).

Der Transformator-Richtkoppler

Der Transformator-Richtkoppler wird wegen seiner technologischen Realisierbarkeit bevorzugt in niederfrequenten Anwendungen und bis zum Ende des Kurzwellenbereiches verwendet. Der stromdurchflossene Innenleiter einer Koaxialleitung durchdringt als Primärwicklung einen Ferritringkern, an dessen Sekundärwicklung eine stromproportionale Spannung $U(J)$ erzeugt wird.

Die dabei am Innenleiter gegen den Außenleiter (Masse) stehende Spannung U wird über $R1/R2$ zu $U(U)$ geteilt und der Mittenanzapfung der Sekundärwicklung des Trafos zugeführt. An den beiden Enden der Sekundärwicklung steht eine jeweils zur Mitte gegenphasige Spannung $U(J)$.

Je nach augenblicklicher Polarität von Strom und Spannung im und am Innenleiter addieren oder subtrahieren sich die Augenblickswerte beider Spannungskomponenten am einen und am anderen Ende der Sekundärwicklung.

Sie werden dort gleichgerichtet, und die durch die Ladekondensatoren integrierten Beträge sind dann proportional der vor- beziehungsweise der rücklaufenden Leistung.

Der Antennen-Richtkoppler

Der Antennen-Richtkoppler funktioniert im Prinzip so wie der Transformator-Richtkoppler. Nur ist die mechanisch-geometrische Ausführung an die entsprechenden Bedingungen bei höheren und hohen Frequenzen angepasst.

Da die Antennenlänge die Auskoppel- und damit die gleichzurichtende Messspannung bestimmt, aber nicht beliebig ausgedehnt werden kann und zudem die Auskoppelspannung mit abnehmender Frequenz fällt, ist diese Richtkopplerart mehr für die höheren Frequenzbereiche, also oberhalb der Kurzwelle geeignet.

Die Antennenlänge muss stets kleiner als $\lambda/4$ bleiben, um quasistationäre Verhältnisse zu erhalten.

In einem Abstand zum Innenleiter eines Koaxialsystems sind "Antennen" angeordnet, in die ein Teil der Innenleiterspannung $U(U)$ durch die natürliche Kapazität CK eingekoppelt und an deren Enden der durch den Innenleiter fließende Strom eine Spannung $U(J)$ induziert.

Die Antennen bilden mit der umgebenden Geometrie ein eigenes Koaxialsystem mit dem Wellenwiderstand Z_{Ant} , mit dem jede Antenne einseitig abgeschlossen sein muss.

Die am offenen Ende vor der Diode auftretende Spannung ist wieder die Summe beziehungsweise Differenz aus $U(U)$ und $U(J)$, wie bereits bekannt. Weiter gilt auch hier das schon beim Transformator Richtkoppler Gesagte sinngemäß.

Senderleistung

Bei der Erfassung der Senderleistung wird zwischen HF-Ausgangsleistung und äquivalenter Strahlungsleistung unterschieden.

Die äquivalente Strahlungsleistung wird auf einen $\lambda/2$ -Dipol bezogen und auf detailliert definierten Messplätzen ermittelt.

Dieses aufwendige Verfahren wird nur bei Geräten ohne externen Antennenanschluss angewandt.

Die HF-Ausgangsleistung wird am Messausgang eines angepassten

Abschlusswiderstands (Dämpfungsglied) gemessen. Sie ist als der maximale HF-Pegel bei der Betriebsfrequenz definiert, den der unmodulierte Sender an die Antenne abgibt.

Am Transceiver kann die Senderleistung mit dem Knopf *LOW* geregelt werden.

Es gibt die drei Stufen L (niedrig), M (mittel), leere Anzeige (volle Leistung).

Der CMS50 zeigt die Senderleistung wahlweise in Watt oder in dBm an.

Die Umrechnung erfolgt mit folgenden Formeln:

$$P / \text{dBm} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P / \text{mW}}{1 / \text{mW}} \right)$$

$$P / \text{mW} = 1 \text{mW} \cdot 10^{\frac{P / \text{dBm}}{10}}$$

Lesen Sie die Leistung in dBm ab und rechnen Sie sie in Watt um:
HF-Ausgangsleistung:

HF-Ausgangsleistung: W

Oberwellen

Die Oberwellen werden bei unmoduliertem Sender gemessen. Zuerst ist die Leistung der Grundwelle zu messen und anschließend wird die Mittenfrequenz des Spektrumanalysators auf die doppelte und dreifache Frequenz geändert.

Hier sind die Leistungen der ersten und zweiten Oberwelle zu messen.
Bestimmen Sie anschließend den Abstand zwischen Grundwelle und Oberwellen in dB.

Zum Bestimmen der Leistungen wird der Marker verwendet, dieser ist erst mit Drücken von *NORMAL* zu aktivieren und kann dann mit dem Drehwähler bewegt werden.

	Grundwelle	1. Oberwelle	2. Oberwelle
Leistung / dBm			
Abstand Grundwelle / dB			

Messaufbau:

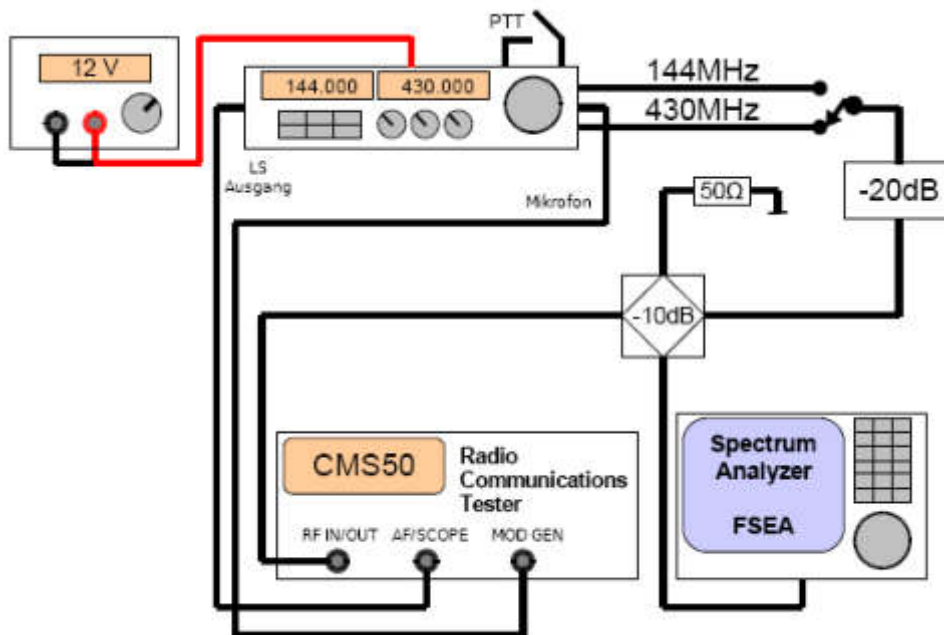


Abbildung 2: Messaufbau für Sendermessungen

Zusammenhang zwischen Stromdichte und elektrischer Feldstärke

- setzt man in Ohmsches Gesetz die Formel für den spezifischen Widerstand ein folgt:

$$I = \frac{1}{\rho} \frac{A}{l} U \quad \text{mit Stromdichte} \quad j = \frac{I}{A} \Rightarrow j = \frac{U}{\rho l} \quad \text{und} \quad \sigma = \frac{1}{\rho}$$

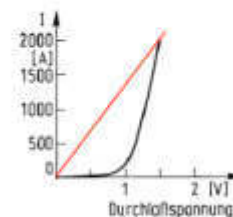
- Definition: elektrische Feldstärke $E = \frac{U}{l}$ d.h. $j = \sigma E$ σ ... spez. Leitfähigkeit
- ist äquivalente Formulierung des Ohmschen Gesetzes: **Stromdichte und Feldstärke sind proportional** (falls spezifischer Widerstand/Leitfähigkeit konstant)
- es gibt **nichtlineare Widerstände**, d.h. Abweichungen vom Ohmschen Gesetz, z.B. bei Halbleitern

14.6 Netzwerke

Schaltbilder

- komplexe Aufbauten und Schaltungen werden durch Schaltbilder (Schaltpläne) angegeben

—	Leiter	—o—	Spannungsquelle
—□—	Widerstand	— +	galvan. Element
— —	Kondensator	—(A)—	Strommesser
—m—	Spule	—/—	Schalter



Strom-Spannungskennlinie einer Hochleistungsdiode aus Silicium.