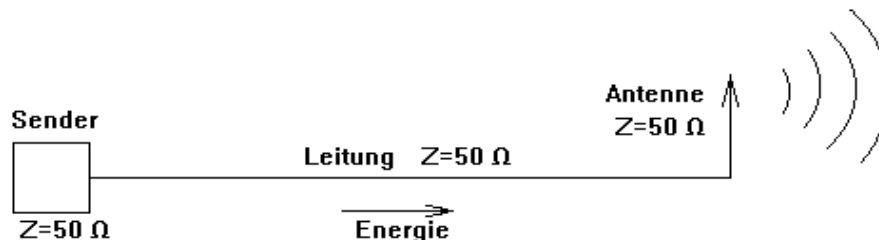


Anpassung

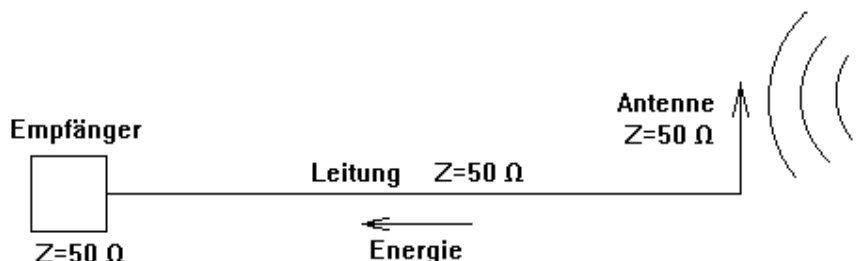
Man spricht von Anpassung, wenn der Innenwiderstand des Generators (Sender) gleich dem Innenwiderstand (Wellenwiderstand/Impedanz) des Verbrauchers (Antenne) ist. Nur wenn dieser Zustand herrscht, kann größtmögliche Leistung übertragen werden.

Andernfalls wird je nach Größe der Fehlanpassung ein gewisser Teil der Leistung nicht an den Verbraucher abgegeben (also nicht abgestrahlt), sondern reflektiert. Dieser Teil belastet unnötig die Senderendstufe und ist für die Funkverbindung "verloren".

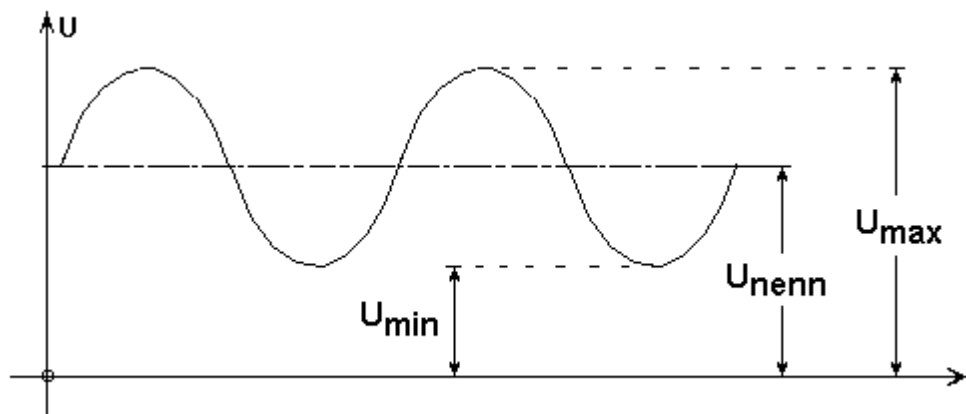
Da zwischen dem Sender und der Antenne eine Speiseleitung eingefügt ist, muß auch diese so beschaffen sein, daß sie die Anpassungsbeziehung zwischen Sender und Antenne nicht "stört".



Singgemäß gelten diese Überlegungen auch für den Empfang, hier wird lediglich die Antenne zum Generator und der Empfänger zum Verbraucher.



Besteht keine Anpassung, entstehen auf der Speiseleitung sogenannte "Stehende Wellen", da sich das rücklaufende Signal mit dem vorlaufenden Signal überlagert und es so, je nach Phasenlage (abhängig von der Position entlang der Länge des Kabels, in der Grafik die I-Achse) resultierende Spannungsmaxima und Spannungsminima gibt.



Als Meßgröße für die Anpassung von Antennen und sonstigen Verbrauchern wird im Amateurfunk meist das **Stehwellenverhältnis SWV** (engl. **SWR** - Standing Wave Ratio) verwendet, wobei die korrekte Bezeichnung **VSWR** - Voltage Standing Wave Ratio lautet.

SWR: 1 1,5 2 3 ∞
 ideale gute schlechte Anpassung

Aus dem SWR kann man auch das Maß der durch die Fehlanpassung reflektierten Leistung errechnen, das als Reflexionsfaktor r bezeichnet wird.

$$SWR = \frac{U_{\max}}{U_{\min}}$$

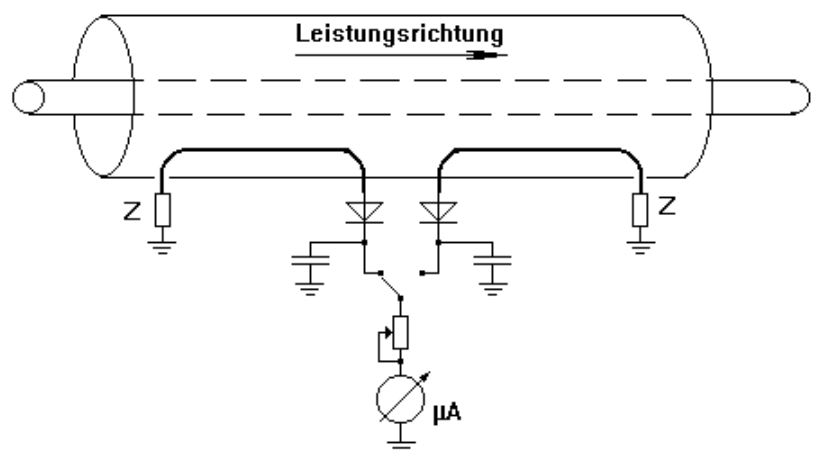
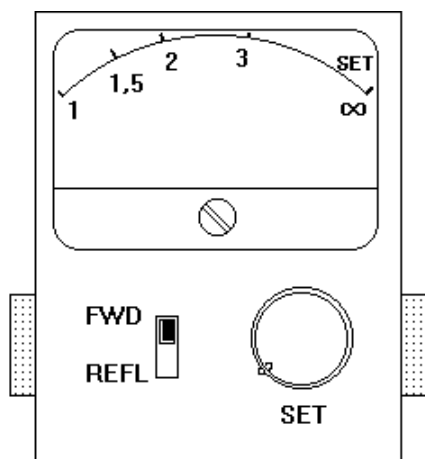
$$r_{[\%]} = 100 \cdot \left(\frac{SWR - 1}{SWR + 1} \right)^2$$

Messung des SWR:

Das SWR wird am einfachsten mit einem Richtkoppler gemessen. Ein Richtkoppler besteht aus einem Stück Koaxialleitung, in dem zwischen Außen- und Innenleiter in Längsrichtung zwei Koppelleitungen (Drahtbügel) angebracht sind, die an einem Ende mit dem Wellenwiderstand der Koppelleitung abgeschlossen sind.

An den beiden Drahtbügeln werden je eine Spannung ausgekoppelt, die ein Maß der vorlaufenden bzw. rücklaufenden Leistung sind.

Durch Eichung der Vorlaufleistung (FWD) auf 100% (Position "SET") und anschließende Umschaltung auf Rücklauf (REFL) wird das SWR bestimmt und angezeigt.

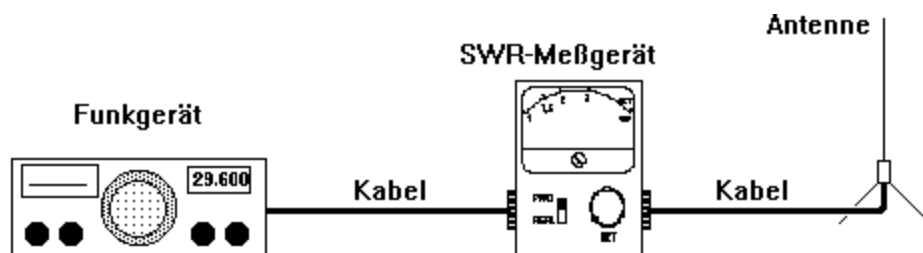


Die meisten SWR-Meßgeräte (SWR-Meter) bestehen aus einem Richtkoppler mit einem umschaltbaren Meßinstrument, es gibt jedoch auch SWR-Meßgeräte mit je einem Instrument für Vor- und Rücklauf (ohne Umschalter !), das oft als Kreuzzeigerinstrument ausgebildet ist.

Ein SWR-Meßgerät ist ein sog. "Durchgangs-Meßgerät", d.h. es wird in das HF-Kabel zwischen TRX und Antenne eingeschleift und beeinflusst den normalen Funkbetrieb nicht.

Positionierung eines SWR-Meters:

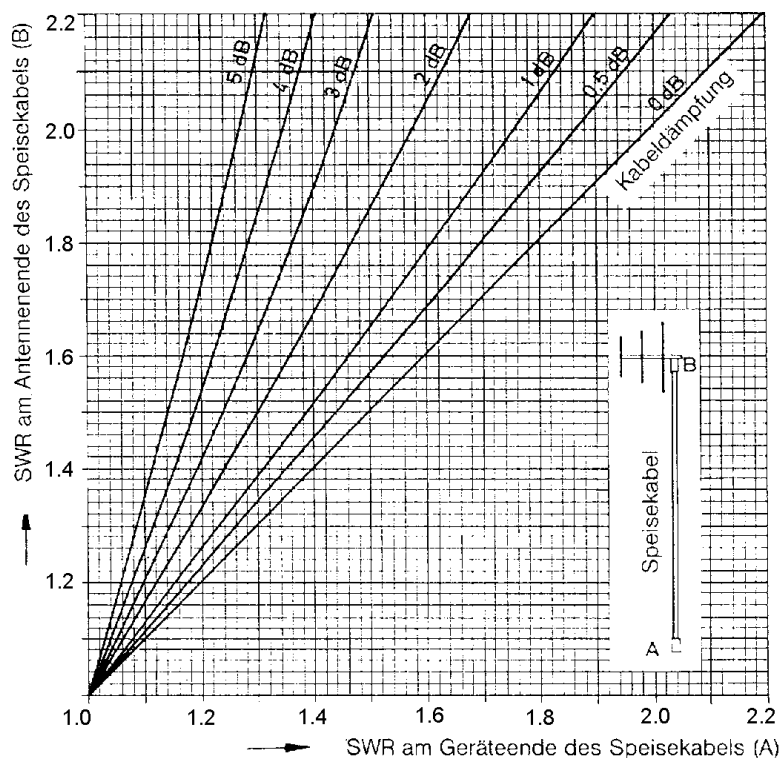
Um das eigentliche SWR der Antenne zu messen, muß das SWR-Meter möglichst nahe am Antennenfußpunkt eingeschleift sein.



Ist dies nicht der Fall (in der Praxis ist das SWR-Meter meist kurz hinter dem TRX eingefügt), wird ein um einen gewissen Betrag besseres SWR angezeigt, als die Antenne wirklich hat.

Grund: Die vom TX zur Antenne laufende Welle wird um die Kabeldämpfung gedämpft; der bei der Antenne reflektierte und dann rücklaufende Teil der Welle wird beim Zurücklaufen ein zweites Mal um die Kabeldämpfung gedämpft →

Die kurz hinter dem TRX gemessene reflektierte Welle ist um die doppelte Kabeldämpfung kleiner als ohne Kabel bzw. kurz vor der Antenne gemessen.



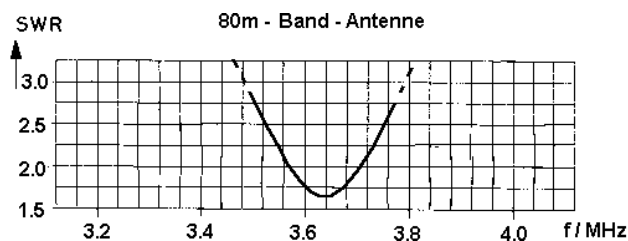
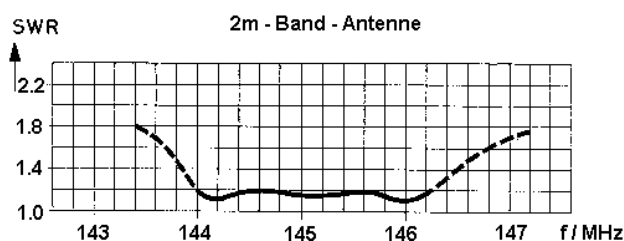
Da der Wellenwiderstand einer Antenne von der Frequenz abhängig ist, ist ein optimales SWR nur bei der Resonanzfrequenz der Antenne erreichbar. Unter- und oberhalb dieser Frequenz steigt das SWR wieder an.

Der Frequenzbereich, in dem das SWR unter einen maximalen Wert von 2 bleibt, wird Arbeitsfrequenzbereich (oder nur "Arbeitsbereich") genannt.

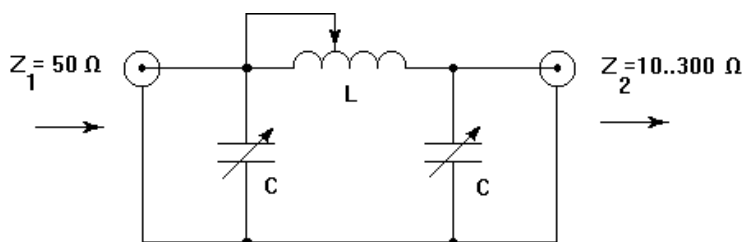
Bei UKW-Antennen ist der Arbeitsbereich meistens größer als das entsprechende Amateurband. Bei Kurzwellenantennen ist dies jedoch nicht immer der Fall. Hier kann das SWR an den Bandgrenzen durchaus auf Werte von 3 und höher ansteigen.

Typische SWR-Verläufe von Antennen:

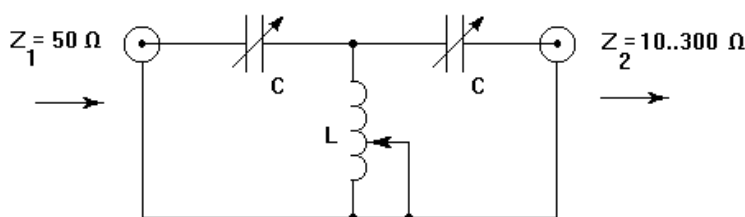
(Achtung: verschiedene SWR-Maßstäbe)



Anpassgerät ("Matcher", "Matchbox"):



Hat eine Antenne eine schlechte Anpassung (Impedanz $\neq 50\Omega$), kann diese mit einem Anpassgerät an 50Ω angepasst werden. Ein Anpassgerät besteht aus einer LC-Kombination in π -Schaltung (Tiefpaß, oben), oder T-Schaltung (Hochpaß, unten) bei der mehrere Bauteile schaltbar oder abstimmbare sind.

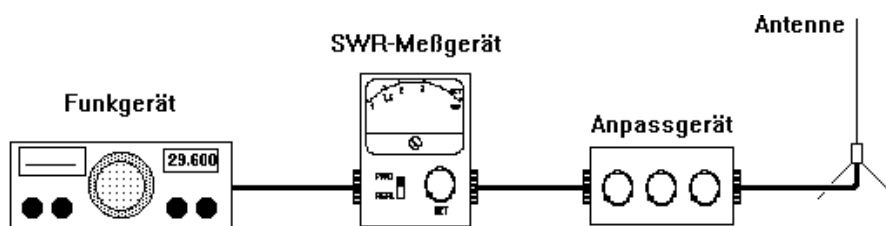


Soll die Anpassung nur für ein Frequenzband funktionieren, genügt es, wenn nur die C's variabel sind (L = fest).

Mit einem zusätzlich schaltbaren L erhält man eine "Multiband-Matchbox".

Positionierung einer Matchbox:

Die Matchbox wird genau so wie das SWR-Meter in das HF-Kabel eingeschleift und zwar auch möglichst nahe an der anzupassenden Antenne.



Wichtig:

Die rücklaufende Energie wird **nicht** in der Matchbox "verbraten", wie leider häufig fälschlich vermutet, sondern die Impedanz der Antenne wird auf 50Ω transformiert, so daß nach der Matchbox (aus Sicht des Senders oder des Empfängers) Anpassung herrscht.

Auf dem Kabel zwischen Matchbox und Antenne entsteht zwar durch die reflektierte Leistung eine gewisse stehende Welle; die Matchbox reflektiert diese jedoch wiederum zur Antenne und die Antenne strahlt dann die vorher reflektierten Wellenanteile letztlich doch aus.

Im Idealfall geht durch den Einsatz einer Matchbox keine Energie verloren.

In der Praxis erhöhen sich jedoch die Kabelverluste durch die stehenden Wellen. Diese Zusatzverluste sind nur dann relativ gering, wenn die Impedanz der anzupassenden Antenne nicht extrem weit von 50Ω abweicht und das Speisekabel zwischen Antenne und Matchbox nicht zu lang ist - oder besonders dämpfungsarm, wie z.B. eine Bandleitung.

Merke:

Mithilfe einer Matchbox kann jede Antenne auf ein gutes SWR "gestimmt" werden. Jedoch gilt grundsätzlich die Faustregel:

**Eine resonante Antenne ist besser als eine "angematchte"
(mit einer Matchbox angepasste) Antenne.**