Zusammenhänge der Anpassung von Antennen an den Transceiver

Dokumentation über die fünf wichtigen A's im Amateurfunk:

1. **Antenne**
2. **Anpassung**
3. **Antennenzuleitung**
4. **Ankopplung**
5. **Anpassgerät**
6. **Anmerkungen**

1. Antenne

Die neuen halbleiterbasierten Funkgeräte sind für einen unsymmetrischen 50 Ω Ausgang ausgelegt. In einigen sind sogenannte Tuner verbaut die einen Variationsbereich von ca. 25Ω bis 150Ω zulassen. Dieser ist eigentlich zwecks Kabelanpassung gedacht, also wer zum Beispiel seine Dipolantenne mit einem Antenneneingangswiderstand um die 75Ω für die unteren Bänder betreiben will, kann das mit einem geeigneten Kabel z.B. RG 11U optimal betreiben via den eingebauten Tuner.

Wenn nun aber bei steigenden Fehlanpassungen, das SWR größer wird als 2 (<10dB Rückflussdämpfung), wird allmählich die Ausgangsleistung des Transceivers zurückgeregelt um die Endstufe zu schützen.

Stellen wir uns vor, wir hätten eine Antenne, dessen Impedanz genau 50 Ω hätte. Wenn diese Antenne mit einem 50 Ω Kabel betrieben würde, dann wäre die maximale Übertragung der Sendeleistung gegeben. Am Sender genau 50 Ω für eine Frequenz mehr oder weniger über einen schmalen Frequenzbereich.
Ein Dipol für 80 oder 40 Meter hat im Allgemeinen am Antenneneinspeisepunkt einen Widerstand von etwa 73,5 Ω (das SWR wäre dann bei einem 50 Ω System und Kabel 1,47).

Würde so eine „80 Meter Dipol-Antenne" auf die Mitte des Bandes, also 3,65 MHz aufgebaut, so wäre im Resonanzfall das SWR noch vertretbar. Wenn wir nun die Arbeitsfrequenz zum unteren Bandende hin verschieben würden, dann wäre die Antenne zu kurz und in die andere Richtung zum oberen Bandende zu lang. Das bedeutet, bei dem Wechsel von einem zum anderen Bandende würde sich die Impedanz beträchtlich ändern, besonders bei verkürzten Sperrkreisantennen.

Wenn eine Antenne in Resonanz ist, sind am Antenneneinspeisepunkt der ohmsche und der Strahlungswiderstand vorhanden. Die HF-Energie, die der Antenne zugeführt wird, wird nun abgestrahlt und z. T. in Wärme umgesetzt.

Zusammenhänge der Anpassung von Antennen an den Transceiver

Eine λ/2 - Dipolantenne hat im freien Raum bei ihrer Resonanzfrequenz einen Strahlungswiderstand von 73,5 Ω in entsprechender 1λ Höhe.

In diesem Fall wäre ein 75 Ω Kabel (z.B. RG11U, RG59) sinnvoll, denn der eingebaute Tuner würde diese Konstellation in der Tat richtig auf den maximalen Leistungstransfer anpassen. Dazu dient eigentlich der verbaute Antennen-Tuner und nicht zur Anpassung eines 50 Ω Kabel, das ist Unsinn bei einem 50 Ω System!

Wird nun eine Antenne nicht auf ihrer Resonanzfrequenz betrieben, weist der Speisepunkt einen Blindwiderstand (Reaktanz) auf. Dieser wird in Ω ausgedrückt. Einer Reaktanz (*Blindwiderständen)* kann man keine Wirkleistung zuführen.

Quelle Wiki:
Der Blindwiderstand (auch Reaktanz) ist eine Größe der Elektrotechnik, welche einen sinusförmigen Wechselstrom durch Aufbau einer sinusförmigen Wechselspannung begrenzt und eine zeitliche Phasenverschiebung zwischen Spannung und Stromstärke verursacht. Der Wert des Blindwiderstandes ist frequenzabhängig.

Will man nun HF-Leistung in einen Kreis bzw. in die Antenne bekommen, muss dieser Blindwiderstand kompensiert werden, wir wollen ja einen Wirkwiderstand erzielen. Das geht bei 50Ω Kabel nicht, im Gegenteil die Verluste steigen bei Koaxialkabel dann extrem an.

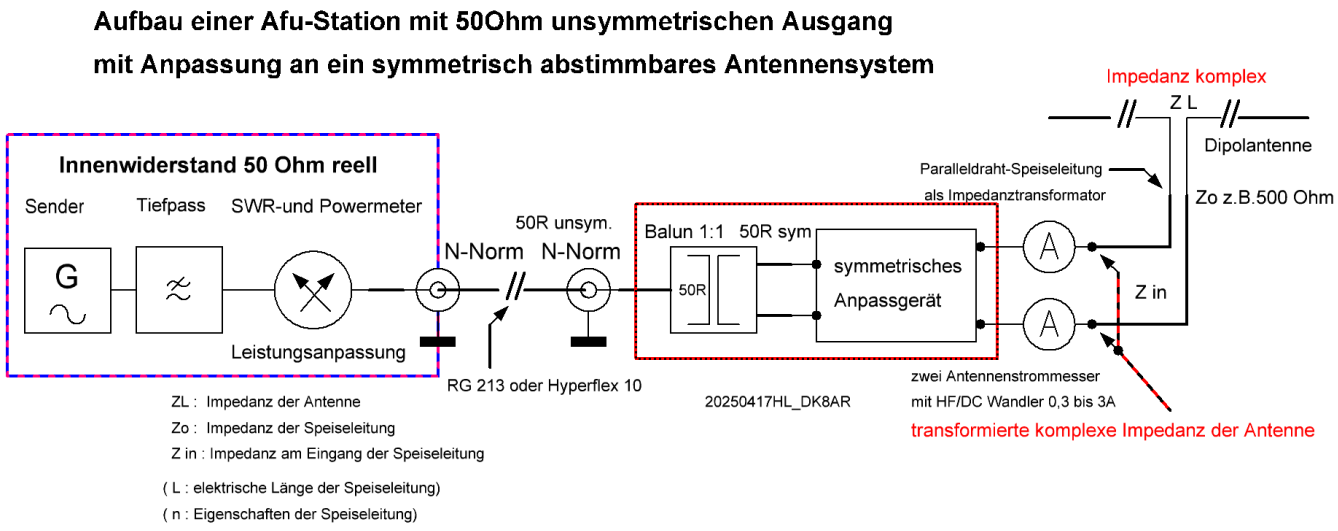
Es gibt bekanntlich zwei Arten von Blindwiderständen, den induktiven und kapazitiven. Vereinfacht ist eine Antenne für die Arbeitsfrequenz zu kurz, ist der kapazitive Blindwiderstand vorhanden, ist sie zu lang dann ist der induktive Blindwiderstand vorhanden. Um nun die Leistung unseres Transceivers in die „Dipolantenne zu bekommen“, muss man die Blindwiderstände kompensieren, indem wir den gleichen Betrag an Blindwiderstand zuführen. Bei induktivem führen wir kapazitiven zu und umgekehrt. Danach sind an der Antenne nur der ohmsche und der Strahlungswiderstand vorhanden. Das geht nicht bei Koaxialkabel gespeisten Antennen. Sondern über die Paralleldraht Speisung wobei das Z z.B. 240 bis 900 Ω unveränderlich ist und bleibt!

Ein Beispiel bezogen auf einer Paralleldraht gespeisten Antenne. Für den Betrieb an Dipol-Antennen mit symmetrischen Leitungen werden gleichlange Längen der Antennendrähte vorausgesetzt, übliche Hälften sind zwischen: 2 x 5 Meter bis 2 x 35 Meter, ich selber nutze eine Länge von 2 x 15 Meter nach G5RV. Damit kann ich die Antenne fast lückenlos von 160 - 10 Meter, in Verbindung mit einem symmetrischen Koppler von Hamware AT-502 betreiben. Seit einigen Jahren gibt es viele fernsteuerbare Paralleldraht Tuner auf dem Markt für symmetrische Leitungen zur Antenneneingangswiderstand Speisung!

Zusammenhänge der Anpassung von Antennen an den Transceiver

2. Anpassung

Wenn wir eine Antenne an eine Paralleldraht Speiseleitung anpassen wollen, so soll durch das Anpassungsnetzwerk der Blindwiderstand kompensiert werden. Das Netzwerk kann auch als Transformator dienen, der je nach Bedarf die Impedanz des Antennenspeisepunks auf- oder herab transformieren, um sie an der Impedanz der Speiseleitung anzupassen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Speise-leitung nicht verändert werden kann, sie hat einen festen Wellenwiderstand (Impedanz) "Z" in [Ω]. Das gilt insbesondere für Koaxialkabel, die haben allgemein in der Sendetechnik 50Ω und die kann man nicht verändern. Deshalb ist es Unsinn einen Antennentuner zwischen TX und Antennenzuleitung zu schalten! **Es ist erforderlich, die Antenne an die Zuleitung und das Komplettsystem anzupassen, dazu gehören auch die SWR/Power Messgeräte!** Man muss die Antenne als Last (Verbraucher) ansehen und dabei folgende Punkte bedenken:



1. Die elektrische Länge ist der Ausgangspunkt zur Bestimmung der Antennenimpedanz.

2. Wenn die Antenne in Resonanz und angepasst ist, ist nur der ohmsche und der Strahlungswiderstand vorhanden, Blindwiderstände treten nicht auf.

3. Die Impedanz einer Speiseleitung hat einen festen Wert. Der Antennen-eingangswiderstand einer Antenne ändert sich jedoch mit jeder Frequenzänderung.

Jetzt stellt sich die Frage:

- Wenn man Leistung in eine Antenne (*diese ist als Last (Verbraucher) zu sehen*)) bekommen will, in dem man jede Reaktanz kompensiert, muss diese Antenne in Resonanz sein?

- Kann sie kürzer oder länger als die Resonanzlänge sein?“

Beide Fragen können mit **„ja“** beantwortet werden.

Wenn man eine Antenne verkürzt, nimmt der Strahlungswiderstand ab, der ohmsche Widerstand bleibt „nahezu“ gleich. Eine resonante Halbwellenantenne für 160, 80 und 40 m hat eine Impedanz von etwa 73,5 Ω im Mittelpunkt. Der ohmsche Widerstand beträgt abhängig vom verwendeten Material (Kabel, Stecker usw.) etwa 2 Ω bis 3 Ω.

Daraus kann man erkennen, wenn einer Antenne Leistung zugeführt wird, der größte Teil im Strahlungswiderstand verbraucht wird, genau das, was wir wollen. Nur wenig wird als Wärme über den ohmschen Widerstand vernichtet. Wenn wir eine solche Antenne mechanisch verkürzen, ändern sich diese Verhältnisse. Ein gutes Beispiel ist eine 80 Meter Mobilantenne oder gar eine magnetische Antenne, dort sinkt der Fußpunkt/Strahlungswiderstand z.T. auf Bruchteile eines Ohms’ ab. Das bedeutet, dass der größte Teil im ohmschen Widerstand verloren geht.

3. Antennenzuleitung (Paralleldrahtleitungen) (*Lecher* – Leitung 1890)

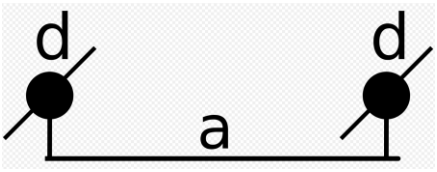
Die Antennenzuleitung soll die HF-Leistung so verlustfrei wie möglich vom Sender zur Antenne leiten, ohne selbst stark zu strahlen (zum Beispiel bei einer Asymmetrie von Paralleldrahtleitungen). Oder auch durch ungeeignete unsymmetrische Antennen z.B. FD 4! Die wohl gebräuchlichste Speiseleitung unter den Amateuren ist das Koaxialkabel. Es ist zum Gegensatz zur Zweidrahtleitung oder Bandkabel eine unsymmetrische Speiseleitung wegen der unterschiedlichen Maße der Leiter und weil ein Leiter den anderen umschließt.

Die charakteristische Impedanz einer Antennenzuleitung wird durch die Größe der Leiter, ihrer Abstände voneinander und von dem Dielektrikum bestimmt. Die gebräuchlichsten Werte für Koaxialkabel betragen 50 Ω, 75 Ω oder Koaxialkabel mit 93 Ohm Impedanz (RG-62, RG-62-FRNC, RG-71)! Es werden aber auch sehr viele Zweidrahtleitungen und Bandkabel als Speiseleitungen mit unterschiedlichen Abständen benutzt mit daraus resultierenden unterschiedlichen Wellenwiderständen. Offene Zweidrahtspeiseleitungen bestehen aus zwei gleich großen, gleichmäßig gespreizten Leitern. Bandkabel ist ähnlich, außer das zum Spreizen und zur gleichmäßigen Führung der Leiter Kunststoff (Lupolen) verwendet wird. 93 Ohm Impedanz ist u.a. sinnvoll bei Speisung von einigen KW Quad-Antennen.

Die Impedanzen dieser Leitungen betragen im Allgemeinen zwischen 240 Ω bis 450 Ω für Bandkabel, und ca. 400 bis 800 Ω für die offene Leitung. Bei einer Paralleldrahtleitung mit folgenden Abmessungen von 1,5 mm Drahtstärke und einer Spreizung von 85 mm ergibt sich ein Wellenwiderstand von 567Ω, bei 2 mm Drahtstärke sind es 533Ω.

Die Dämpfung einer solchen Paralleldrahtleitung mit Luft-Dielektrikum beträgt bei einer Spreizung von 72 mm 0,66dB@50 MHz und 100 m Leitungslänge, zum Vergleich hat das RG 213 Koaxialkabel eine Dämpfung von 4,4 dB@50 MHz bei 100Meter Länge. Der Verkürzungsfaktor einer Paralleldrahtleitung beträgt V ≈ 1. Messungen haben aber ergeben, dass oberhalb von 200 MHz die Leitungs-Dämpfung sehr stark ansteigt.

Paralleldrahtleitung: Der Wellenwiderstand "Z" einer Paralleldrahtleitung ist vom Verhältnis "a" (Abstand der Leitermitte) zu "d" (Ø der beiden Leiter) und vom Verkürzungsfaktor "VF" des Dielektrikums Luft 1 (*εr: Dielektrizitätszahl (Epsilon, relativ)*) abhängig.



$$Wellenwiderstand \quad Z = \frac{120}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot [\ln] \frac{2 \cdot a}{d}$$

Bei Luft Dielektrikum ist die Berechnungsformel einfach: 120 • [Ln] aus (2 • a / d).

Eine solche Paralleldrahtleitung hat bei Frequenzen < 200 MHz eine sehr geringe Dämpfung. Meiner Meinung nach sollte eine solche Leitung bis maximal 50 MHz zum Einsatz kommen. Die Leitung zeigt dort noch ein ruhiges Verhalten bei einer ausreichenden Zahl von Spreizern (85 mm Spreizung) und Abstände von jeweils 30 cm der Spreizer Anordnung. Die Dämpfung ist mit Ausnahme von den Isolatoren ausgehenden Verlusten, nur von denen in den Längswiderständen R entstehenden und den Strahlungsverlusten bestimmt.

Aber leider gehen auch Wettereinflüsse in den Dämpfungsverlauf mit ein (die ε r ist bei trockener Luft 1,000592). Bei Regenwetter, Schnee und sehr dichtem Nebel verändert sich nämlich die Dielektrizitätskonstante (von gerundet 1) auf andere Werte und die Verluste steigen somit an. Im stärkeren Maße, verglichen mit anderen Kabeltypen, steigt die Dämpfung der Paralleldrahtleitung bei Asymmetrie, dadurch vergrößern sich die Strahlungsverluste und die unerwünschten Stör-, Ein- und Abstrahlungen steigt.

Gleichgroße Ströme in den Speisedrähten minimieren die Speiseleitungs-abstrahlung und reduzieren die Verzerrung des Strahlungsdiagramms, sowie BCI, TVI, Beeinträchtigungen in drahtgebundene WLAN-Router und vergeudete Leistung. Bei Asymmetrie kann es sein, dass man bis zu 10 % der Leistung verliert. Eine Unsymmetrie geht z.B. darauf zurück, dass die Speiseleitung nicht „senkrecht“ bzw. nicht annähernd 90° Grad zu den Dipolhälften verläuft oder auch eine Seite der Dipol-Antenne nahe an einem Metallobjekt, Dach, Stahlbetondach, näher zum Erdboden oder ähnliches verläuft. Die Ableitungen bei Sturm ihre Lage verändern, zum Beispiel sich die Abstände zu anderen Bauobjekten ändern.

Es darf nicht vergessen werden, dass eine Zweidrahtleitung potentiell einen Teil ihrer Feldenergie abstrahlt und umgekehrt die Energie von unerwünschten Störfeldern in ihr eigenes Feld einkoppelt. Die zwei Drahtleitung darf auf keinen Fall erdnah verlaufen!

Das bedeutet, ihr Feld ist räumlich nicht begrenzt und kann daher mit Störfeldern koppeln, z.B. wenn die Leitung in den Funkraum geführt und parallel zu irgendwelchen anderen Leitungen verläuft (auch sehr kurze Längen). Bei horizontalen Führungen treten womöglich noch unsymmetrische Überlagerungen auf durch Erdnähe, die begleitet sind von Gegentakt- und Gleichtaktbetrieb. Wobei ja im Allgemeinen nur der Gleichtaktbetrieb erwünscht ist.

4. Ankopplung

Wenn nun HF-Leistung vom Sender auf die Leitung gegeben wird, treten auf der Leitung immer Verluste auf, ehe die HF-Leistung die Antenne erreicht. Verantwortlich dafür sind der ohmsche Widerstand der Leiter und das dielektrische Material zwischen ihnen. Die Verluste erhöhen sich mit steigender Frequenz, da das dielektrische Material bei höheren Frequenzen geringeren Widerstand aufweist.

Vergleichen wir beispielsweise das RG-58/U Koaxialkabel und die offene Zweidrahtleitung. Angenommen wir haben etwa 60 m Koaxial-Antennenkabel und vom Sender etwa 200 Watt zur Verfügung. Auf dem 80 m-Band verlieren wir auf dem Weg zur Antenne etwa 30 Watt, bei der offenen Zweidrahtleitung wären es nur 1 Watt, auf dem 15 Meter Band betragen die Verluste bei dem Koaxkabel 60 Watt und bei offener Leitung nur etwa 2 Watt.

Die offene Zweidrahtleitung ist daher die Leitung mit dem besten Wirkungsgrad. Die angegebenen Werte für die Verluste, bei Fehlanpassung steigen jedoch an. Je höher die Fehlanpassung ist, also ein hohes (SWR), umso größer sind die Verluste. Bei praktisch jedem Vergleich erweist sich Koaxkabel im Gegensatz zu offenen Leitungen und Bandleitungen als verlustreicher. Das sollte jedoch jetzt niemanden davon abhalten, Koaxkabel zu verwenden oder gar zu glauben, dass Koaxialkabel eine schlechtere Speiseleitung seien. Insbesondere ist dabei zu beachten, das Schirmungsmaß, das ist besonders wichtig bei mehrfach Leitungsführungen in einem Rohr oder Kabelkanal.

Die Vorteile sind nun einmal ohne Rücksicht auf die Impedanz oder den Wirkungsgrad, man kann es in die Erde eingraben, durch Rohre ziehen, an der Wand verlegen, an Masten und Türmen befestigen usw. Bei der offenen Zweidraht-Leitung ist das nicht so, selbst eine Wanddurchführung stellt schon etwas technisches Geschick voraus. Metallische Gegenstände zum Beispiel ein Turm oder eine Hauswand können schon in der Nähe eine Paralleldrahtleitung erhebliche

Beeinflussungen und Unsymmetrie auslösen.

Es ist schwierig, verallgemeinernde Aussagen über die Verwendung von Koaxialkabel oder offener Leitung zu treffen, weil zu viele Faktoren in die Betrachtung mit einbezogen werden müssen. Ganz allgemein kann jedoch gesagt werden, dass hochwertiges Koaxkabel mit der geringsten Dämpfung verwendet werden sollte, dazu gehört auch ein hohes Schirmungsmaß.

Außerdem sollte ein SWR < 2 angestrebt werden, da größere Fehlanpassungen zu Ausgangsleistungsminderung des Senders führen und HF-Abstrahlung auf dem Kabel ist, die Folge von sogenannten Mantelwellen. Dazu ist zu beachten ein Einsatz von Mantelwellensperren sind Notlösungen, weil durch Unsymmetrie sich ein fehlerbehafteter Aufbau der Anpassungsverhältnisse an dem Antennengesamt-system bemerkbar macht. Ganz zu schweigen von Vagabundierender HF in der Funkbude, manche kennen das Problem bei fehlerhafter Modulation, insbesondere bei Verwendung von Elektret Mikrofonkapseln, oder auch abgesetzte aktive PC-Lautsprecher, diese machen Geräusche usw., hervorgerufen durch herumirrende Hochfrequenz. Nicht das Kabel soll strahlen, sondern die Antenne.

Abhilfe wenn doch Probleme auftauchen sollten:

Helfen können Ferritringe EPCOS N30, N27 oder Amidon 72 oder 43 oder andere hoch permeable Klappferrite diese auf die jeweiligen Kabelenden montieren, einmal dicht an dem Antennenanschluss und die anderen dicht an der Gerätebuchse vor dem SWR und Power-Meter. Diese Ferrite sollten Mehrfach und in unterschied-lichen Abständen angebracht werden! Die Klappferrite bekommt man u.a. bei Reichelt, Amidon usw. auch für RG 213 und Hyperflex 10 passend. Dennoch sollte die Ursache gesucht werden und nicht eine Kompensation einer Fehlfunktion.

5. Anpassgerät

Das Netzwerk mit dem der Sender an die Speiseleitung angekoppelt wird, besteht aus einfachen abgestimmten Kreisen, einen besonderen Wert sollte man jedoch auf die Güte (Q) der verwendeten Bauelemente legen bei Selbstbau.

Ein Anpassgerät wird Antennenkoppler oder Transmatch genannt, wobei Transmatch der treffendere Begriff ist (Transmitter-transmission-line-matching) *nicht jedoch Matchbox – das ist ein Spielzeugauto-Hersteller*. Dann schon lieber „Antennenimpedanz Tuner“, denn das ist auch die tatsächliche Aufgabe eines solchen Gerätes.

Es gibt viele Schaltungen für Antennen-Tuner, die gebräuchlichsten sind das T-Glied in Hochpass- oder Tiefpass-Ausführung oder das π Glied. In der Monoschaltungsvariante sind diese für eine Paralleldrahtleitung jedoch nicht

geeignet. Über Antennen Tuner hatte ich schon etwas geschrieben bitte dort lesen:

https://www.darc.de/fileadmin/filemounts/distrikte/h/ortsverbaende/33/Vortr%C3%A4ge/DK8AR_HF-Messungen_an_sym_Ant_Tuner_HL.pdf

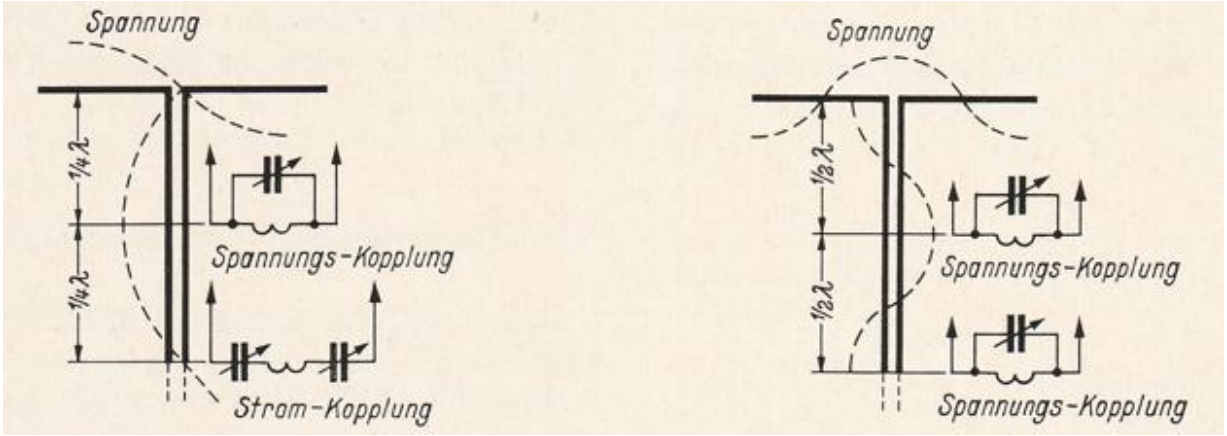
Es gibt einige Kompromissschaltungen, in dem man in den Antennenkoppler für Koaxialkabel betriebenen Antennentuner einen gewickelten Ringkern-Übertrager integriert hat 1:4 (50/200Ω), um auch alternativ eine Paralleldrahtleitung anklemmen zu können.

Wie von mir beschrieben, das kann nur bedingt eingesetzt werden, weil asymmetrische Laufzeit- und Phasenverschiebungen auftreten, die wiederum Verluste und Störungen verursachen. Das ist aber überhaupt nicht zu empfehlen! Man sollte hier die Schaltungen von unsymmetrisch 1:1 (50Ω/50Ω) auf symmetrisch ausführen, siehe dazu Seite 3. Ideal ist ein Balun von unsymmetrisch auf symmetrisch, gefolgt von einem doppelten π Glied, bestehend aus variablen oder schaltbaren Längs-Induktivitäten sowie ein- und ausgangsseitigen variablen oder schaltbaren Quer-Kapazitäten. Symmetrische Tuner sollte bei Einsatz an Paralleldrahtleitungen immer den Vorzug gegeben werden. Weitere passende Tuner Schaltungen sind über den Link auf dieser Seite aufrufbar!

Eine sehr gute Schaltungsvariante für einen Antennenkoppler:

Der symmetrische Resonanz-Tuner, hierbei handelt es sich um einen symmetrisch aufgebauten Antennentuner mit Anpassung und Abstimmung bei gleichzeitigem Symmetrieren. Ein Serienresonanzkreis dient als Eingangsschaltung, der induktiv über eine Link-Kopplung in einen doppelten Parallelresonanzkreis gekoppelt wird. Der Vorteil ist, dass die folgenden Abstimmelemente nicht miteinander galvanisch verbunden sind. Von der Link-Kopplung geht es auf einen parallelen Spannungskreis, der dann auf einen Stromkopplungskreis übergeht, an der dann eine Paralleldrahtleitung beliebiger Länge angeschlossen werden kann. Eine derartige Schaltung wird auch als Universalkopplung (Strom-/Spannungskopplung) bezeichnet.

Aus Amateurfunk-Handbuch Diefenbach



Zusammenhänge der Anpassung von Antennen an den Transceiver

Diese Schaltung ist im Übrigen auch im Annecke† Kurzwellen-Antennen-Koppler zu finden. Ein weiterer Vorteil ist dabei die Selektion dieser Schaltungsvariante sende- und empfangsseitig. Doch bei der Einstellung dieses Tuners ist auf jeden Fall ein Ausgangsspannung / Strommesser erforderlich, weil die Einstellvariationen sehr umfangreich sein können und bei Fehleinstellungen durchaus dann bis zu 1,3 dB verloren gehen. Da reduziert sich die Sendeleistung ausgehend von 100 W immerhin auf 74 Watt. Da reicht kein SWR/Powermeter zwischen Sender- und Antennentuner nicht aus, weil es über derartige ungünstige Abstimmkonstellationen keine Anzeige gibt, selbst wenn das SWR fast gegen 1 geht.

*Anmerkung: Immer daran denken, 3dB Dämpfung entspricht eine Halbierung der Sendeleistung, also 100Watt sind bei 3dB A*ttenuation *nur noch 50Watt!*

Viel verbreitet sind T-Schaltungen so genannte CLC Tuner (***MFJ***), das sind Hochpassschaltungen (C ein L quer C aus). Diese können dadurch Störstrahlungen oberhalb ihrer Betriebsfrequenz nicht unterdrücken. Hingegen wenn die Schaltung so aufgebaut ist (L ein C quer L aus), dann handelt es sich um einen Tiefpass-Tuner (leider eher selten).

Die Oberwellendämpfung von einem modernen Transceiver sollte heute mindestens > -50dBc sein. Das bedeutet, bei einem 100 W-Sender wären das immer noch 1mW, bei > -60dBc (üblich bei Stationsgeräten) wären das noch 0,10mW.

Auswahl der Materialien:

Es gibt für den Aufbau von Paralleldrahtleitungen so genannte Spreizer mit einem Abstand von 85 mm (VE 20 Stück). Wenn man eine Antennenleitung von etwa 1,5 mm Drahtstärke und eine Spreizung von 85 mm verwendet, dann hat man ein Z von 567 Ω und bei einer Drahtstärke von 2 mm sind es dann 532 Ω. Als Antennendraht sollte man kunststoffbeschichtete Drahtlitze mit 7 x 7 x 0,20 mm (1,54mm²) verwenden. Von Antennenlitzen aus der Kombination Stahldraht/Kupfer würde ich unbedingt abraten, da wie vorher beschrieben, hier Leitungsverluste entstehen. Es kann auch vorkommen, falls die Isolation beschädigt wurde, dass die Drähte im Laufe der Zeit anfangen können zu rosten, außer welche aus V2A.

Will man nun z.B. aber aus dem Baumarkt geeignete Materialien nutzen, als Isolator, Spreizer oder ähnliches, sollte man eine „Überprüfung“ durchführen. Die sieht so aus: Man kann das ausgesuchte Material in die Mikrowelle legen, einschalten und nach ca. 2 Minuten herausholen und anschließend die Temperatur prüfen, wird das Material warm, ist es für HF-Anwendungen nicht geeignet, es weist dann nämlich im Betrieb HF-Verluste auf (Kohlenstoffe).

Zusammenhänge der Anpassung von Antennen an den Transceiver

Kontrollgeräte / Messeinrichtungen:

Dazu gehören mindestens ein oder besser zwei Einrichtungen. Da ist einmal ein Kreuzzeiger-Instrument (HF-Wattmeter und Welligkeitsmesser), das unmittelbar hinter dem Sender-Ausgang angeschlossen sein sollte. Ein Kreuzzeiger-Instrument sollte ausfolgendem Grund eingesetzt werden, da es nicht für jede Bandänderung neu „justiert " werden muss, das heißt, es ist für mehrere Oktaven einsetzbar. Der weitere Vorteil liegt in der sofort erkennbaren Anzeige der Vorlaufleistung und viel wichtiger die unmittelbare Anzeige des SWR. Der Antennen-Tuner muss auf niedrigstes SWR, für den Sender eingestellt werden. Leider ist daraus nicht erkennbar, ob nun die Paralleldrahtleitung in Verbindung mit den angeschlossenen

beiden Dipolhälften symmetrisch ist oder auch ob der beste Wirkungsgrad des Tuners eingestellt ist. Darum benötigt man ein Messgerät mit zwei HF- Amperemeter. Solche Instrumente bekommt man, wenn überhaupt noch, auf dem Funk-Flohmarkt. Also muss eine Alternative, vor allem auch absetzbar bei ferngesteuerten Tunern geschaffen werden. *Früher gab es die zwei Lampen Messeinrichtung, Nachteil Installationsmäßig man muss sie auch sehen können - HI*

Da gibt es mehrere Möglichkeiten: Solche Messeinrichtung kann man natürlich selber bauen unter dem oben genannten Link, diesen anklicken über die Seite 8 wird man fündig! Oder ein Instrument kaufen, ich habe die letztgenannte Möglichkeit als bessere Lösung genommen. Da eignet sich das Paralleldraht-Amperemeter von *MFJ - 835* am besten. Es verfügt über vier Klemmen, an der die Paralleldrahtleitung mit Ein- und Ausgang angeschraubt werden kann und einen Umschalter für verschiedene Antennenströme.

Um das Gerät abgesetzt betreiben zu können, muss es auseinandergenommen werden. Nur das Gehäuse bleibt im Funkraum mit dem beleuchteten Kreuzzeigerinstrument bestehen. Die Messeinheit mit zwei Wandlern sitzt auf einer Leiterplatte und kann ohne irgendwelche Änderungen übernommen werden. Eine jeweils einzeln abgeschirmte NF-Zweidrahtleitung überträgt die gleichgerichtete Spannung aus dem Wandler zu den Messgeräten. Dazu den angebenden Link anklicken, dann kann man in dem PDF File auf der Seite 8 eine ähnliche Schaltung sehen.

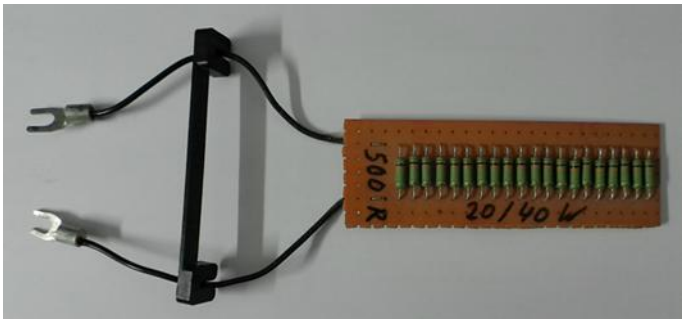
MFJ-835 HF Amperemeter Paralleldraht, max. 3A

Durch die Stromwandler (zwei gewickelte Ringkerne, Dioden und weitere Kleinteile) wird dann die Paralleldrahtleitung jeweils eine Leitung zentriert, durch je einen Wandler gezogen und auf kurzem Weg mit dem Antennenkoppler verbunden. Benötigt wird zusätzlich ein Spritzwasser festes Kunststoffgehäuse mit entsprechenden Anschlussklemmen, das nun als Einbaugehäuse für diesen HF- Strommesser dient. Die dazugehörigen

Zusammenhänge der Anpassung von Antennen an den Transceiver

Anschlussklemmen entnehmen wir bei der Demontage dem Originalgerät.
Durch die Stromwandler (zwei gewickelte Ringkerne, Dioden und weitere Kleinteile) wird dann die Paralleldrahtleitung jeweils eine Antennenzuleitung zentriert, durch je einen Wandler gezogen und auf kurzem Weg mit dem Antennenkoppler verbunden. Die dazugehörigen Anschlussklemmen entnehmen wir bei der Demontage dem Originalgerät. Die Verbindung zu den Instrumenten wird über ein entsprechendes HF-Sperrfilter (zweifach ausgeführte Tiefpassschaltung) mit einer zweiadrigen, geschirmten Leitung hergestellt.

Dieser gesamte Strommesswandler Aufbau muss natürlich hinter dem symmetrischen Tuner also Richtung Antenne angebracht werden!



Um die Anzeige nun auf Symmetrie einstellen zu können, geht man so vor (nicht wie in der Beschreibung beschrieben): Anstelle der Paralleldraht-Leitung werden nun 20 Widerstände a 10KΩ, 2 Watt Metallwiderstände (noch gut bis 7 MHz einsetzbar) parallel-geschaltet, das ergibt einen gesamt Widerstand von 500 Ω und eine Belastbarkeit von ca. 20/40 Watt. Diese „Ersatzantenne“, ist im Bild zu sehen, diese wird nun zum symmetrischen Dummy statt der Zweidrahtantennenleitung und wird zum Symmetrieren der Wandler benötigt.

Die Justierungen und Einstellungen der Symmetrie-Anzeige geht folgendermaßen:

Als Abgleichpunkt nehmen wir das 40 Meter Band, eine Sendeleistung von ca. 20 Watt, den Antennentuner entsprechend auf minimalen Rücklauf des Sender-ausgangsseitigen SWR–Meter einstellen.

Jetzt können die beiden Trimmwiderstände für die Justierung, diese sind auf der Messwandler-Leiterplatte untergebracht, eingestellt werden. Hierbei ist die maximale Anzeige ziemlich relativ, viel wichtiger ist die Einstellung der Symmetrie im Kreuzungspunkt des Anzeigeinstrumentes. Das *MFJ - 835* RF- Amperemeter sollte dabei auf ca. „1A“ gestellt werden, und die Zeiger sollten einen Wert von etwa „30“ anzeigen. Wenn nun die Leistung erhöht wird, darf sich der Kreuzungspunkt nur nach oben verschieben, oder umgekehrt bei Leistungsreduzierung. Danach kann nun an Stelle des Lastwiderstandes die Antenne angeschlossen werden. Jetzt kann man alle Bänder überprüfen unter Berücksichtigung der symmetrischen Tuner Einstellungen, eine Abweichung von der mittleren Kreuzungspunktlinie (rot) sollte nicht vorhanden sein. Noch zulässig sind < 10%, sind sie größer, liegt eine

Asymmetrie der Antenne vor oder aber das Antennenumfeld ist ungeeignet für die entsprechende Frequenz. Dieser Effekt könnte mehr in den langwelligen Bereichen auf (z.B. 160 Meter) auftreten. Oberhalb von > 3,5 MHz sollten bei einer Beispiellänge von zweimal 15 Meter Dipollänge keine Unsymmetrie mehr auftreten. Beachtet werden muss, die Instrumente zeigen abhängig von der Frequenz den derzeitigen vorhanden Strom an. Das bedeutet, wir haben ja Strom- und Spannungskopplung der Antenne bei gleichbleibendem Widerstand bestimmend durch die Paralleldrahtzuleitung! Das bedeutet, die Amperemeter zeigen bandabhängig nur relative Werte an, das ist aber vollkommen ausreichend sie müssen nur gleich sein!

6. Anmerkungen

Eine Erdung sollte immer sternförmig mit einem zentralen Anschlusspunkt ausgeführt werden! Es ist völlig falsch, irgendwelche Rohre im Hausnetz zu verwenden, da die meisten heute schon nach ein paar Metern u.U. in Kunststoff übergehen, oder sehr hohe Übergangswiderstände haben. Durch Oxydation dann noch zu Intermodulation PIM genannt führen, das bedeutet **p**assive **I**nter**m**odulation. Niemals den Schutzleiter verwenden, das ist vollkommen falsch! Alle Funk- und Zusatzgeräte untereinander sind über eine geeignete flexible Drahtverbindung in 4 mm² in grün/gelb zu verbinden.

Auch der Haus-Blitzableiter sollte möglichst nicht genommen werden, da dieser womöglich dann selber zur Antenne werden kann (durch Gamma-Match ähnliche Erregung). Diese ganzen Erdungen die ich genannt habe, sind keine HF-Erdungen darunter ist etwas ganz anderes zu verstehen. Wir wollen und müssen ja die HF aus der „Funkbude“ verbannen, was können wir da machen?

Aufbau einer HF-Erde:

Ideal ist eine „gemischte“ Erdung, was heißt das?
Meine Erdung sieht folgendermaßen aus, es ist nur ein kleines Beispiel:

Sie besteht aus zwei Kreuz-Tiefen-Erder und sechs V2A 4 mm Seile von a 10 Meter Länge. Die Seile werden ca. 20 – 30 cm tief in die Erde eingelassen, idealerweise 25cm dort besteht die beste HF Leitfähigkeit bei normalem Mutterboden. Die Erde darf dazu nicht ausgehoben und anschließend zugeschüttet werden, weil sich dadurch die Erdumgebung zu sehr lockert und somit die Übergangswiderstände erhöht werden. Dazu muss man mit einem Spaten soweit wie möglich in die Tiefe der Erde stechen, diese wegdrücken, das V2A Seil einlegen und den Spaten entfernen usw. am besten geht das mit zwei Personen – einer gräbt, der andere legt das Seil in die Erde hinein und drückt die Grabung wieder fest.

Zusammenhänge der Anpassung von Antennen an den Transceiver

Die Längen der Seile sind nicht so kritisch (da sie sowieso aperiodisch sind), sie sollten jedoch länger als 8 Meter sein und natürlich so viel wie möglich sternenförmig von einem zentralen Punkt ausgehend verlegt werden. Die beiden Kreuz-Tiefen-Erder sind jeweils gegenüberliegend von zwei Flächen Erdleitungen in die Erde getrieben und mit separaten zweifach Isoliertem 16mm² grün/gelben „Erdungsdraht“ verbunden. Mittig sollte dann der Erdungspunkt geschaffen werden und über eine weitere 16 mm² Cu Leitung (grün/gelb) darüber sollte dann die Station komplett angeschlossen werden. Falls ein ferngesteuerter Tuner verwendet wird, muss natürlich auch dieser mit einbezogen werden, mit kurzer Anbindung. Alle Antennenleitungen die sich im Funkraum befinden sind am besten über eine Erdungsschiene oder noch besser durch Kontaktierungen über Flanschbuchsen, die an einem entsprechenden Verteilerfeld montiert sind, zu verbinden.

Fazit:

Meine Dokumentationen schreibe ich für Funkfreunde die nicht unbedingt Fachleute sind und tagtäglich mit derartiger Technik vertraut sind. Sondern ich möchte insbesondere junge (*alte*) Funkamateure ansprechen sich über die Vorgänge beim Funkbetrieb oder noch wünschenswerter beim Basteln und experimentieren einige Gedanken dazu machen -- wie funktioniert den das alles so, wie sind die Zusammenhänge. Oder andersherum die Funkfreunde zu animieren mal etwas selber zu bauen oder nur etwas zu modifizieren. Auch die, *ich sehe das so*, ausreichenden theoretischen Beschreibungen kann man diesen Dokumentationen entnehmen, die vollkommen ausreichend für den „Funkamateur“ sind!

Das Ziel ist: Oft sind es viele technische Missverständnisse oder Unwissenheit und diese sollte man aus dem Weg räumen.

In dieser Dokumentation geht es mir besonders darum: Ein 50Ω System kann man nicht anpassen, es sind schon 50Ω. Dazu gehört auch das 50Ω Kabel es bleibt 50Ω!

Es sei denn, man haut mit dem Hammer auf das Kabel und macht es platt, dann ist es ein unbekanntes Z, geht besonders gut bei Schaumstoffdielektrikum - ***HI***

Ich danke für Eure Aufmerksamkeit und <u>viel Erfolg bei den Selbstbauten</u>

DK8AR Henri