

Antennen und Anpassung auf KW (Schwerpunkte und Hinweise zu den Komponenten des Systems)

Informationen zusammengestellt von Heinz Plate, DL2DAP, eMail: plate.dl2dap@t-online.de

Inhalt:

- Antennen
- Speiseleitungen
- Anpassung: warum, wie und wo...
- Anpassung – Grundsätze

Vorwort:

Im Internet und "Technischen Amateurfunk-Foren" können sich Funkamateure mit interessanten **technischen Informationen** bzw. **Diskussions-Beiträgen zu KW-Antennen** informieren. *Es ist für mich sinnvoll die passenden Informationen* (z.B. das Antennenbuch von Rothammel) **als Nachschlagewerke** zu sammeln und bei Bedarf zu Rate ziehen.

Ich möchte das Thema so verständlich beschreiben, das es für den Funkamateure in der Praxis und für sein schönes Hobby hinreichend genau und hilfreich ist.
Ich betrachte die wichtigen Themen als Hilfe zur Selbsthilfe für Funkamateure.

Die "richtige" Anpassung von Antennen- und/oder Speiseleitungsimpedanzen beschäftigt uns Funkamateure schon immer. Dies ist verständlich, geht es doch *einerseits* darum, „sein“ **Sendesignal** möglichst wirkungsvoll zur Abstrahlung zu bringen, *andererseits* aber auch "Empfangsmäßig" kein dB zu verlieren und gehört zu werden.

Worum geht es bei einer Anpassung?

Es ist die maximal mögliche Leistung von einem Modul (Quelle) auf ein andere (Last) zu übertragen, auch wenn sich die jeweiligen Impedanzen unterscheiden, wenn möglich ohne Leistungsverlust, dann sind Quelle und Last einander angepasst.

Die Informationen soll Funkamateure dafür sensibilisieren, Sende- oder Empfangsanlagen samt Antennen und Speiseleitungen **als gesamtes System** zu betrachten.

Nur so ist es möglich, die verschiedenen darin zusammenwirkenden Komponenten mit deren unterschiedlichen Bedürfnissen und Eigenschaften so miteinander zu kombinieren, dass sowohl technisch als auch qualitativ bestmögliche Ergebnisse resultieren, gleichzeitig aber auch der finanzielle Aufwand im Rahmen bleibt.

Betrachtet man die Dinge von Grund auf, dann stellt man bald fest dass leider manches „Wissen“ **das auf Wunschenken oder Fehlschlüssen** basiert.

Ist irren auch menschlich, wird es aber doch spätestens dann problematisch, wenn solche „Tatsachen“ nicht zum gewünschten Erfolg führen.

Verständnis der komplexen Vorgänge

Das richtige Verständnis der zugegebenermaßen komplexen Vorgänge ist aber nur dort möglich, wo die Bereitschaft besteht, sich den erforderlichen Denkansätzen nicht zu verschließen. Der Amateurfunk ist nun einmal eine technisch-wissenschaftliches Hobby und es hängt der Fortschritt nicht zuletzt von der Bereitschaft ab, gelegentlich auch technische Zusammenhänge zu hinterfragen.

Da das Thema Antennenanpassung auf KW heißt, kommen wir bei der Betrachtung nicht darum herum, uns auch mit den **verschiedenen Komponenten des Systems** zu befassen und zu Antennen und Speiseleitungen ein paar grundsätzliche Informationen vermitteln.

Antennen - Definition/Funktionsweise

Definition:

Eine Antenne ist ein elektrische und magnetische Felder zulassendes Bauteil *und Leiter*, der elektromagnetische Wellen aussendet oder empfängt.

Funktionsweise:

Eine Antenne ist ein Resonanzgebilde. Dessen Entstehung zeigt die Grafik anhand einer Dipolantenne. Diese erzeugt bzw. empfängt sowohl elektrische, als auch dazu senkrecht stehende magnetische Felder. Man kann sich eine Antenne als „*Beispiel*“ zum Schwingkreis oder Resonanzkreis, bestehend aus Kondensator und Spule, vorstellen.

Antennen- Parameter

Die hauptsächlichsten elektrischen Antennenparameter sind:

- Impedanz
- Strahlungswiderstand
- Verlustwiderstand
- Blindwiderstand
- Wirkungsgrad
- Richtfaktor
- Gewinn
- Bandbreite

Begriffsbestimmungen:

SWR = Standing Wave Ratio

SWV = SWR = *P*vorwärts / *P*reflektiert

Vorlauf = Fortbewegung der Sendeenergie in Richtung Antenne

Rücklauf = von der **fehlangepassten Antenne** reflektierte Leistung

Welligkeit = **Überlagerung der vorlaufenden Welle durch den reflektierten Rücklauf** die bei vollständiger Anpassung „glatt“ verlaufende Wanderwelle bekommt durch den Rücklauf eine überlagerte Welligkeit

Speiseleitung = **Zuleitung zum Speisepunkt der Antenne, hier Koaxialkabel**

Speise- / Fußpunkt = Anschlusspunkt der Speiseleitung an der Antenne

Antennenfußpunktwiderstand = **Eingangsimpedanz der Antenne am Speisepunkt**

Impedanz = Scheinwiderstand, setzt sich zusammen aus dem ohmschen Wirkwiderstand und einem induktiven oder kapazitiven Blindanteil

Wirkwiderstand = Ohmscher Widerstand (Wirkwiderstand) ohne Blindanteile

Blindwiderstand = induktiver oder kapazitiver Wechselstromwiderstand

Antennenwirkungsgrad = Material-Eigenschaften und Umgebungsverhältnisse- Abhängigkeit.

- *Schwerpunkte sind besonders folgende Anpassungs- Parameter:*

- *Antennenimpedanz*

- *Antennenwirkungsgrad*

Antennen - Impedanz

Mit Impedanzanpassung beschäftigt sich jeder von uns Funkamateuren, sei es bei der Anpassung einer Antenne, um im Rx noch die kleinsten Signale aufnehmen zu können oder die Tx- Leistung möglichst verlustfrei in die Luft zu bringen, oder einen Mischer oder ein Filter optimal zu betreiben.

Bei Fehlanpassungen entstehen, oft Hauptursache von Leistungsverlusten, immer Reflexionen zurück in die Quelle, die dort Störungen hervorrufen.

Folgerungen: Die Antennenimpedanz ändert sich mit der Frequenz, der Realteil ergibt sich aus der Antennenlänge und -höhe in λ und dem Speisepunkt, der Blindwiderstand entspricht der Ablage von der Resonanzfrequenz. (Negative Vorzeichen bedeuten einen kapazitiven, positive einen induktiven Blindwiderstand)

Antennen - Wirkungsgrad

Relevante Parameter:

- Strahlungswiderstand
- Verlustwiderstand

Die ideale Antenne weist keine Verlustwiderstände auf und erreicht so einen Wirkungsgrad von 100% nach folgender Formel:

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Strahlungswiderstand}}{\text{Strahlungswiderstand} + \text{Verlustwiderstand}} \times 100$$

- Der Strahlungswiderstand entspricht dem Teil der Antennenimpedanz, der die zugeführte elektrische Leistung in elektromagnetische Strahlung umsetzt.
- Der Verlustwiderstand setzt sich zusammen aus den ohmschen Verlusten der Antennenleiter, den Verlusten wegen des Skin-Effektes, den dielektrischen Verlusten weiterer Antennen-Baustoffe, sowie allfälligen Erdverlusten. In ihm wird die zugeführte elektrische Leistung in Wärme umgewandelt.

Antennen - Beurteilungen

- Antennen sind zu verstehen wie Schwingkreise
- Ihre Impedanz ändert mit der Frequenz (bei konstanter Antennenlänge)
- Die Antennenimpedanz unterliegt auch Umgebungseinflüssen
- Resonanz definiert sich durch das Fehlen von Blindwiderständen, d.h. bei Resonanz ist die Impedanz rein reell
- Der Wirkungsgrad hängt ausschließlich ab vom Verhältnis zwischen Strahlungs- und Verlustwiderstand
- Die Antennenlänge ist ohne relevante Bedeutung für den Wirkungsgrad

Speiseleitungen - Begriffsbestimmungen

Speiseleitungen transportieren Energie vom Sender zur Antenne, bzw. von der Antenne zum Empfänger

Wir unterscheiden zwischen:

- koaxialen Speiseleitungen
 - offenen Speiseleitungen
- Beide weisen spezifische Eigenschaften auf, uns interessieren:
- Impedanz in Ohm
 - Verlust in dB
 - Impedanzrichtig betriebene oder korrekt angepasste Speiseleitungen präsentieren an ihrem jeweiligen Ausgang denselben Impedanzwert wie am Eingang und zeigen die geringsten möglichen Verluste.
 - Fehlangepasste Speiseleitungen transformieren die Eingangsimpedanz je nach Leitungslänge und SWR und weisen SWR- bedingte Zusatzverluste auf.

Speiseleitungen - Vergleiche

1. Koaxiale Speiseleitungen

- **Vorteile:** Geschlossener Aufbau, problemlose Verlegung, keine Antennenwirkung (sofern keine Mantelwellen)
- **Nachteile:** Höhere Verluste als offene Leitungen, hohe Zusatzverluste bei hohem SWR

2. Offene Speiseleitungen

- **Vorteile:** Geringere Verluste als koaxiale Leitung, geringe Zusatzverluste bei hohem SWR
- **Nachteile:** Verlegung u.U. problematisch, geringe Antennenwirkung (sofern gleiche Leiterströme)

Speiseleitungen und Transformationseffekte

Eine $\lambda/4$ lange Leitung wirkt als leicht berechenbarer **Impedanztransformator**.

Diese Transformationsfunktion des Wellenwiderstandes mittels einer $L/4$ langen Leitung wird zum Beispiel bei Zusammenschaltung mehrerer Antennen an einen gemeinsamen Speisungspunkt angewandt.

Dies bedeutet, dass ein Leitungsstück mit abweichendem Wellenwiderstand in einer sonst angepassten Antennen-Anlage zu keiner Verschlechterung des Stehwellenverhältnisses beiträgt.

Speiseleitungen - SWR bedingte Zusatzverluste

- Stehende Wellen sind die Folge von Reflektionen an der Last, als Folge fließt ein Teil der Energie zurück in Richtung Quelle
- Bei der Quelle erfolgt eine Re-Reflektion, die Energie wird wieder in Richtung Verbraucher geschickt
- Die ursprünglich Energiemenge legt so den Weg durch die Speiseleitung mehrfach zurück
- Jeder Durchlauf der Speiseleitung führt zu Verlusten, mehrfache Durchläufe demzufolge zu mehrfachen Verlusten oder eben Zusatzverlusten

Speiseleitungen - Beurteilungen

- Speiseleitungen dienen ausschließlich dem Energietransport, jede Antennenwirkung (strahlende Speiseleitung) ist unerwünscht
- Antennenwirkung deutet immer auf Fehler in der Zusammenschaltung mit Energielieferant und/oder Energieverbraucher hin
- Offene Speiseleitungen weisen wegen nicht zu vermeidender Unsymmetrien immer eine geringe Antennenwirkung auf
- Das SWR führt nie zu einer strahlenden Speiseleitung
- Jede Speiseleitung weist Verluste auf, koaxiale Leitungen zeitigen in der Regel höhere Verluste als offene Speiseleitungen
- Jedes SWR größer als 1:1 führt zu Zusatzverlusten, welche bei höheren SWR erheblich und bei sehr hohen SWR untragbar werden können

Anpassung - Definition

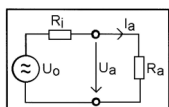
- Wie überall in der Elektrotechnik gilt auch bei HF-Systemen der Grundsatz, wonach ein maximaler Energietransfer dann stattfindet, wenn die Ausgangsimpedanz der Quelle der Eingangsimpedanz der Last entspricht
- Ist dies so, sprechen wir von Anpassung, anderenfalls von Fehlanpassung
- Leistungsanpassung zwischen den einzelnen Stufen einer Sendeanlage ist eine wesentliche Voraussetzung für deren optimale Funktion
- Für Benutzer industriell gefertigter Geräte wird dieser Umstand erst bei der Verbindung von Transceiver und Antenne relevant. Heutige Transceiver zeigen Ausgangsimpedanzen von 50Ω und verlangen nach ebensolchen Lastimpedanzen.

Dazu passend gibt es Koaxialkabel mit Wellenwiderständen von 50Ω

- Antennenimpedanzen betragen in den wenigsten Fällen exakt 50Ω
- Sehr oft sind Antennen-, bzw. Speiseleitungsimpedanzen, zudem noch komplex, d.h. mit mehr oder weniger großen Blindanteilen behaftet. **Deren Kompensation ist üblicherweise ebenfalls eine Aufgabe des Anpass- Netzwerkes!**

Anpassung - Grundlagen

- Speist ein Generator eine Last, wird dieser dann das Maximum an Leistung zugeführt, wenn der Innenwiderstand des Generators dem Lastwiderstand entspricht.
- **Beispiel:** Folgen von Anpassung / Fehlanpassung in einem 50Ω -System, ausgelegt auf eine nominelle Ausgangsleistung von 100W:

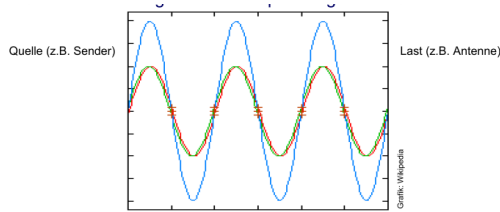


U_0 = Generatorspannung
 R_i = Innenwiderstand Quelle
 R_a = Lastwiderstand
 U_a = Lastspannung
 I_a = Laststrom
 P_0 = Generator-Verlustleistung
 P_a = Ausgangsleistung
 P_{tot} = Gesamtleistung

U_0	R_i	R_a	SWR	U_a	I_a	P_0	P_a	P_{tot}
141.42	50.00	50.00	1.00	70.71	1.41	100.00	100.00	200.00
141.42	50.00	25.00	2.00	47.14	1.89	177.77	88.89	266.66
141.42	50.00	12.50	4.00	28.28	2.26	256.00	64.00	319.99
141.42	50.00	6.25	8.00	15.71	2.51	376.04	39.51	355.55
141.42	50.00	3.13	16.00	8.32	2.66	364.32	22.14	376.46
141.42	50.00	1.56	32.00	4.29	2.74	376.12	11.75	387.87
141.42	50.00	50.00	1.00	70.71	1.41	100.00	100.00	200.00
141.42	50.00	100.00	2.00	94.28	0.94	44.44	88.89	133.33
141.42	50.00	200.00	4.00	113.14	0.57	16.00	64.00	80.00
141.42	50.00	400.00	8.00	125.71	0.31	4.94	39.51	44.44
141.42	50.00	800.00	16.00	133.10	0.17	1.38	22.14	23.53
141.42	50.00	1600.00	32.00	137.13	0.09	0.37	11.75	12.12

Anpassung – Fehlanpassung/Stehende Wellen

- Bei Fehlanpassung wird Leistung reflektiert
- Reflektierte Leistung führt durch Interferenz zu stehenden Wellen (SWR)
- Hohe SWR können zu gefährlichen Spannungen und Strömen führen



- Stehende Wellen führen u.a. zu teilweise erheblichen Zusatzverlusten auf Speiseleitungen, bzw. zu tiefen Speiseleitungs-Wirkungsgraden

Anpassung - Ausgangsimpedanz

- Nur die korrekte Anpassung der Quellen-Ausgangsimpedanz an die Last-Eingangsimpedanz führt zu maximaler Leistungsausbeute
- Dies gilt für den Übergang vom Sender auf das Speisekabel ebenso wie für die Verbindung von Speisekabel und Antenne
- Auch unkompensierte Reaktanzen (Blindwiderstände, z.B. von nicht resonanten Antennen) führen zu Fehlanpassung. Sie sind möglichst zu eliminieren, allenfalls zu kompensieren

Zur Impedanzanpassung eignen sich folgende Methoden:

- Anpassung mit „normalem“ Transformator
- Anpassung mit Leitungstransformator
- Anpassung mit HF-Leitungen (Stub-Matching)
- Anpassung mit Transformationsgliedern aus Blindwiderständen (Reaktanzen), d.h. mit L/C-Netzwerken, „**Antennentuner**“)

Anpassung - mit Transformator

- Einfacher Aufbau mit Luftspulen oder mit magnetischen Werkstoffen (Eisenpulver/Ferrit)
- Widerstandstransformation im Quadrat des Wicklungs-Verhältnisses
- Geeignet auch zum Symmetrieren (Balun)
- **Nachteil:** relativ frequenzabhängig (eingeschränkte Bandbreite)
- **Nachteil:** magnetische Sättigung bei Eisenpulver- / Ferritkernen
- **Nachteil:** Nur bedingt geeignet bei reaktiven Lasten

Anpassung - mit Leitungstransformator

- Einfacher Aufbau, in der Regel auf Ring- oder Stabkerne aus magnetischen Werkstoffen (Eisenpulver / Ferrit)
- **Vorteil:** Grosse Bandbreite (z.B. 1-1000 MHz)
- **Vorteil:** Kaum magnetische Sättigung
- Geeignet auch zum Symmetrieren (Balun)
- **Nachteil:** Übersetzungsverhältnis nur im Quadrat ganzer Zahlen
- **Wichtig:** Ein- und Ausgangsimpedanz müssen der Wicklungsimpedanz entsprechen
- **Wichtig:** Nicht geeignet zur Symmetrierung und / oder Anpassung (Transformation) reaktiver Lasten (Sättigungsgefahr)

Anpassung – Beschreibung des Leitungstransformators:

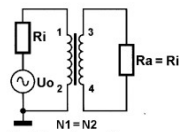


Bild 1: Trafokopplung, Eingang unsymmetrisch, Ausgang symmetrisch

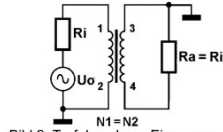


Bild 2: Trafokopplung, Eingang unsymmetrisch, Ausgang unsymmetrisch

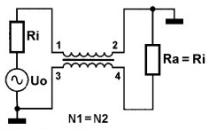


Bild 3: Leitungstrafo, Eingang unsymmetrisch, Ausgang unsymmetrisch

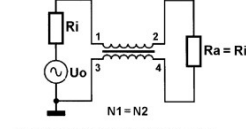


Bild 4: Leitungstrafo, Eingang unsymmetrisch, Ausgang symmetrisch

Anpassung - mit HF- Leitungen (Stub Matching)

Der Vollständigkeit halber seien erwähnt (aber nicht näher erläutert):

- Anpassschaltungen aus HF-Leitungen bestehen aus Leiterstücken $< \lambda/4$
- Viertelwellentransformator
- Transformationsleitung mit Stichleitung
- Serien-Transformationsleitung
- 1:4 Transformation mit $\lambda/2$ Umwegleitung

Anpassung - mit Reaktanzen (Antennentuner)

Mit Reaktanzen im Anpassnetzwerk lassen sich auf- und abwärts transformierende Anpassschaltungen realisieren, welche zugleich die Blindwiderstände der Last kompensieren können.

Diese Anpassung nennt man „komplex konjugierte Anpassung“.

Damit ist gemeint, dass eine Kompensation einer negativen Reaktanz durch einen positiven Bildwiderstand erfolgt und umgekehrt.

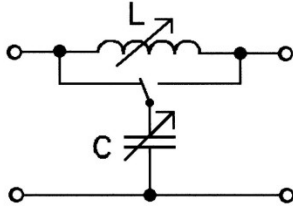
Da sich so die positiven und negativen Vorzeichen aufheben, ist das „System“ hernach reaktanzfrei.

Bekannte Anpassschaltungen sind u.a.:

- L/C-Hochpass
- L/C-Tiefpass
- Pi-Netzwerk
- T-Netzwerk

Anpassung - mit L/C-Hoch-/Tiefpass

- Einfache Schaltung, nur 2 Elemente
- Mit festen Elemente (Spulen / Kondensatoren) für eine Frequenz und für fixe Ein- / Ausgangsimpedanzen geeignet
- Mit variablen Elementen großer Anpassbereich betr. Frequenzen und bedingt auch betr. Ein- / Ausgangsimpedanzen. Kompensation von Blindanteilen der Lastresonanz möglich
- Eindeutiger Anpasspunkt
- **Nachteil:** Nur Auf- oder Abwärtstransformation möglich, daher Umschaltung nötig
- **Nachteil:** Nur bedingt zu Anpass- Veränderungen unter Last geeignet



Umschaltbares L/C-Netzwerk mit nur zwei variablen Elementen (Tiefpass)

Der Kondensator liegt immer am Anschluss mit der höheren Impedanz

Anpassung - mit Pi- oder T-Netzwerk

- Vorteile Pi-Glied:

- Dank Tiefpasscharakteristik gute Oberwellendämpfung
- Weiter Anpassbereich

- Nachteil Pi-Glied:

- Je nach Anpassverhältnissen große, unhandliche Werte der variablen Elemente
- Erfordernis für zuschaltbare Kapazität (Nicht zu Anpass-Veränderungen unter Last geeignet)
- Durch Mehrdeutigkeit variable Kreisgüte, Wirkungsgradkontrolle nötig
- **Vorteil:** T-Glied: Großer Anpassbereich ohne Umschaltung.
- **Nachteil:** T-Glied: Durch Mehrdeutigkeit variable Kreisgüte, Wirkungsgradkontrolle nötig.

Anpassung - mit T-Netzwerk: MFJ 971 (DL2DAP)

Beispiele für T-Netzwerke:

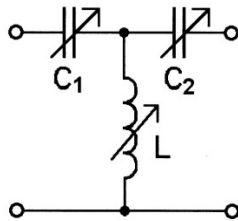


Bild 1: T-Netzwerk allgemein

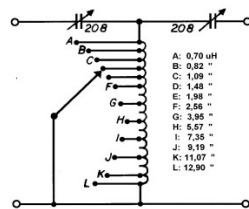


Bild 2: T-Netzwerk des MFJ 971

Anpassung - Methoden zur Impedanzanpassung

Es gibt verschieden Methoden zur Impedanzanpassung:

Transformatoren

- **Vorteil:** Einfache Bauweise
- **Nachteil:** Geringe Frequenzbandbreite, feste Impedanzverhältnisse, problematisch bei reaktiven Lasten, keine Reaktanzkompensation

HF-Leitungen

- **Vorteil:** Einfache Bauweise, insbesondere bei hohen Frequenzen, Reaktanzkompensation möglich
- **Nachteil:** Unhandlich bei tiefen Frequenzen, kann bedeutende Verluste bringen (z.B. bei langen Koaxialleitungen mit hohen SWR), geringe Frequenzbandbreite, feste Impedanzverhältnisse

Anpassung - Hoch- bzw. Tiefpässe

LC-Hoch-, bzw. Tiefpässe

- **Vorteil:** Einfache, eindeutige Einstellbarkeit, mit variablen Elementen für variable Frequenzen / Impedanzen verwendbar. Reaktanzkompensation möglich
- **Nachteil:** Bei Impedanzsprüngen $>/< 50\Omega$ Umschaltung erforderlich, nicht unter Last umschaltbar

Anpassung - Pi-Netzwerke

- **Vorteil:** Mit variablen Elementen für variable Frequenzen / Impedanzen verwendbar. Reaktanzkompensation möglich
- **Nachteil:** Je nach Anpassverhältnissen unhandliche Werte der Reaktanzen, daher oft Erfordernis für zuschaltbare Kapazität. Nicht unter Last schaltbar
- Durch Mehrdeutigkeit variable Kreisgüte, Wirkungsgradkontrolle nötig

Anpassung - T-Netzwerke

T-Netzwerke

- **Vorteil:** Mit variablen Elementen für variable Frequenzen / Impedanzen verwendbar
- **Vorteil:** Weite Anpassbereiche ohne Schaltvorgänge nutzbar (Frequenz, Impedanzen, Reaktanzen)
- **Vorteil:** Last-Reaktanzkompensation möglich
- **Vorteil:** Trotz weitem Frequenz- und Impedanz-Anpassbereich moderate Werte für die variablen Elemente
- **Nachteil:** Durch Mehrdeutigkeit variable Kreisgüte, Wirkungsgradkontrolle nötig

Anpassung - Grundsätze:

- Anpassung ist dort nötig, wo Impedanzsprünge auftreten
- Je näher die Anpassung am Ort des Impedanzsprunges, desto höher deren Nutzen in Form minimierter Verluste in Kabeln und Systemen
- Je nach Antennensituation ruft die heute gebräuchliche 50Ω-Technik nach der Verlegung des Anpasspunktes hin zur Antenne
- Bei einer Abweichung von der Resonanzfrequenz (Fehlanspassung) **werden die Blindanteile kompensiert**, für eine effektive Abstrahlung ist die Wirkkomponente des Antennen-Fußpunk-Widerstandes maßgeblich
- Stehen dem technische oder finanzielle Gründe entgegen, ist auf die Verwendung möglichst verlustarmer Leitungen zu achten
- Die Einführung offener Speiseleitungen in den Wohn- oder Stationsbereich ist wegen deren u.U. starken Antennenwirkung oft problematisch.
- Koaxiale Leitungen sind im Wohn- und Stationsbereich optimal, bedingen aber oft ein Anpassnetzwerk beim Übergang auf eine offene Speiseleitung

Anpassung - Symmetrischer Antennen

- Auch hier gilt: Anpassung ist dort nötig, wo Impedanzsprünge auftreten
- Zusätzlich zur Anpassung kommt aber die Forderung zur Symmetrierung
- Symmetrierung heißt nichts anderes als „Erdfreimachen“ der Speiseleitung
- Werden Balune verwendet, gehören diese generell auf die 50Ω-Seite, da Balune nur dann definiert arbeiten können, wenn deren Anschlussimpedanz der Wicklungsimpedanz entspricht. Im Übrigen vertragen Balune Blindströme schlecht (Sättigungsgefahr > Intermodulation > Überhitzung > Schaden)
- Jedes Anpassgerät mit Ausgangsbalun (in der Regel 1:4) ist ein Kompromiss, der technisch nur nachteilig, hingegen preislich etwas günstiger ist
- Die Art des Anpass-Netzwerkes ist nicht von Bedeutung, wenn die Antenne, bzw. die Speiseleitung, wegen der Trennwirkung des Baluns keine Erde mehr „sieht“
- Ein „symmetrischer Aufbau“ mit Doppelrollspulen und „gleichen“ Kapazitäten zwischen den Leitern ist demzufolge nicht nötig, so sehr dies auch immer wieder behauptet wird