

# **Gibt es den optimalen Antennen-Koppler**



**Mitteilungen aus dem Institut  
für Umwelttechnik  
Nonnweiler-Saar  
Dr. Schau  
DL3LH**

## Vorwort:

Mein langjähriger Freund DJ3XD hat mir mal in einer Mail geschrieben: „Schreib nicht so viel, was keiner versteht“ sondern mach Dir mal Gedanken über einen optimalen Antennenkoppler mit folgenden Eigenschaften:

1. Verlustarm
2. Möglichst wenig Blindelemente
3. Eindeutig in der Abstimmung
4. Einfach zu bedienen
5. Einfach im Aufbau und Nachbau
6. Für symmetrische und unsymmetrische Anwendungen
7. Geeignet für alle bei KW auftretenden Impedanzen
8. Ausgelegt für 50  $\Omega$  Eingang
9. Für eine Leistung bis 1 KW
10. Keine „heißen“ Bedienknöpfe

Die Berechnungen und Überlegungen in /1 – 6/ gestatten uns sehr wohl den optimalen Antennenkoppler zu finden. Damit kann die Frage: „Gibt es den optimalen Antennenkoppler?“ mit einem „Ja“ beantwortet werden. Wie sieht dieser nun aus?

## 1. Allgemeines:

Für den Mehrband- und Mehrfrequenzbetrieb auf den kurzen Wellen ist bei jedem Transceiver/Sender ein Anpassnetzwerk erforderlich, das Leistungs-Anpassung zwischen Antennenzuleitung und Senderausgang gewährleistet, um Anpassungsverluste auf dem Weg zur Antenne zu vermeiden /10/.

In den Berechnungen nach /1 - 6/ sind die Vor- und Nachteile sowie die Grundlagen aller möglichen Koppelsysteme behandelt. Nur 7 verschiedene Koppelsysteme kommen in die engere Auswahl. Diese sind im Einzelnen:

Pi- oder T-Glied, Z- oder S-Match, der Resonanzkoppler, CC oder ein LC-Glied.

Fassen wir nochmals die Ergebnisse der Berechnungen aus /1 – 6/ zusammen, so kann grundsätzlich gesagt werden, das in allen Koppelsystemen der Hauptverlustträger die Induktivitäten sind, weil deren Leerlauf-Güte auf etwa  $Q = 200$  begrenzt ist. Dabei ist der Übergangswiderstand der Anschlüsse und die Oxydation der Oberfläche sowie der Skin-Effekt berücksichtigt.

Für geringe Verluste sind hohe Leerlaufgüten der Spulen entscheidend, dagegen führen hohe Betriebsgüten zu hohen Verlusten, weil hohe

Resonanzströme in den Induktivitäten die Verluste verursachen /1, 2/.

Die Verluste der Kondensatoren sind zwar nicht vernachlässigbar, sind dennoch wesentlich geringer als die der Induktivitäten. Aus diesen einfachen Überlegungen folgt: Je mehr Induktivitäten verwendet werden, umso höher sind die Verluste.

Weiterhin gilt, das kapazitive Lasten, die immer durch Induktivitäten kompensiert werden müssen, zu höheren Verlusten führen als induktive, die durch verlustarme Kapazitäten kompensiert werden.

Weiterhin führen hochohmige Lasten zu geringeren Strömen und damit zu geringeren Verlusten in den Induktivitäten.

Der Koppler ist nur ein Teil einer Antennenanlage in dem Verluste auftreten. Eine weitere Verlustquelle ist die Zuleitung zur Antenne. Die Gesamtverluste können durch eine saubere Planung der Antennenanlage auf ein Minimum reduziert werden /2, 6/.

Das Pi-Filter hat eine größere Absenkung der Oberschwingungen, kann aber nicht den gesamten Impedanzbereich einer KW-Antennenanlage abdecken und hat den Nachteil der Mehrdeutigkeit in der Abstimmung, d.h. Pi- und T-Filter haben wegen der unendlichen Anzahl der Einstellmöglichkeiten, trotz  $S = 1$  auf der 50  $\Omega$  Seite den Nachteil, dass eventuell eine Einstellung von L und C gewählt wird, die zu hohen Verlusten führt.  $S = 1$  am Eingang heißt zwar Leistungsanpassung auf der gesamten Strecke bis hoch zur Antenne, doch ist das keinesfalls der Hinweis für geringste Verluste. Der richtige Abstimmvorgang bei Pi und T unter dem Gesichtspunkt geringer Verluste ist umständlich /3, 4/ und meistens unübersichtlich.

Im T-Hochpass-Filter werden die beiden Kondensatoren mit hohen HF Spannungen beaufschlagt, was große Plattenabstände erfordert und manchmal zu Überschlägen führt.

S- und Z-Match scheiden wegen der Anzahl der beteiligten Induktivitäten, der fehlenden Möglichkeit zur Veränderung der Kopplung und des begrenzten Impedanzbereiches als Anpassnetzwerk völlig aus.

Unterscheiden wir noch Koppelsysteme für symmetrische und unsymmetrische Leitungen, so ergeben sich eindeutige Aussagen über den optimalen Koppler.

## 1. Koppler für unsymmetrische Leitungen

Die meisten Transceiver oder Sender haben einen unsymmetrischen Ausgang. Das hat den Vorteil, dass eine unsymmetrische VSWR-Brücke zur Kontrolle der Anpassung verwendet werden kann, da nur wenige Amateure über ein VSWR-Meter für symmetrische Leitungen verfügen.

Ein VSWR-Meter zwischen Sender und Anpassnetzwerk zur Kontrolle des VSWR ist immer erforderlich. Das VSWR am Transceiver sollte möglichst  $S = 1$  sein, will man Verluste durch Fehlanpassung vermeiden.

Eine koaxiale Leitung zur Antenne ist nach /2/ nur sinnvoll für Einband- und Einfrequenzbetrieb und bei geringem Stehwellenverhältnis auf dem Kabel mit  $S < 1.2$ . Da der Sinn des Amateurfunks Mehrband- und Mehrfrequenzbetrieb ist, ist Koaxkabel als Antennenzuleitung unbrauchbar.

Die richtige und optimale Anpassschaltung für unsymmetrische Leitungen ist ein LC - Tiefpass, bestehend aus einer Serieninduktivität und einer Parallelkapazität. Will man den gesamt-möglichen Impedanzbereich mit dieser einfachen Anordnung überstreichen, muss der Kondensator wahlweise vor oder hinter die Serieninduktivität schaltbar sein /6/.

### Fazit:

Für unsymmetrische Anwendungen gibt es nur ein Netzwerk, das oben genannte Forderungen erfüllt. Es ist das einfache LC-Netzwerk: Verlustarm, eindeutig in der Abstimmung, überstreicht den gesamt-möglichen Impedanzbereich, ist einfach in der Konstruktion und einfach in der Handhabung.

Der Kondensator liegt einseitig immer auf Masse, was die technische Ausführung wesentlich vereinfacht. Die Dimensionierung für die Induktivitäten, Kapazitäten und die sich einstellenden Verluste findet man in /1, 2/.

## 2. Koppler für symmetrische Leitungen

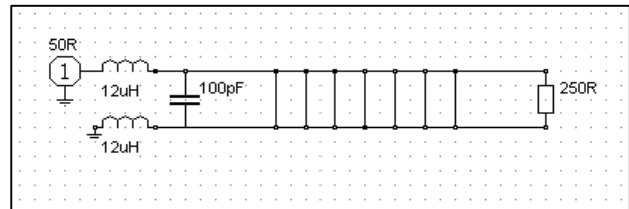
Etwas komplexer werden die Verhältnisse bei der symmetrischen Antennenzuleitung, die ein Drei-Leiter-System darstellt. Mehrband- und Mehrfrequenzbetrieb kann verlustarm nur mit einer symmetrischen Speiseleitung durchgeführt werden, da deren Verluste auch bei einem erhöhten Stehwellenverhältnis wesentlich geringer sind als bei der unsymmetrischen Koaxleitung /2/.

Aus /9/ wird ersichtlich, dass ein einfacher LC-Tiefpass auch hier die optimale Lösung ist. Der notwendige Symmetrierer in der Ausführung als Luftübertrager oder als Guanella auf Ringkern wird zwischen Antennenzuleitung und Anpassnetzwerk geschaltet. Die Dimensionierung des Luft-Übertragers ist in /8/, die des Guanella in /2/ behandelt. Der Vorteil des LC - APNs ist der einfache Aufbau. Die Blindelemente müssen nicht gefloatet werden – d. h. isoliert von Masse und HF-mäßig „heiß“.

Erlaubt man eine gewisse Unsymmetrie auf der Antennenzuleitung, die meistens sowieso vorhanden ist, kann der Balun bei Verwendung

einer symmetrischen LC-Anordnung nach Bild 1 weg gelassen werden.

Dafür wird der Kondensator, wenn er parallel zur Antennenzuleitung liegt, beidseitig HF-mäßig „heiß“. Der Vorteil, kein Balun, der Nachteil, die Aufteilung der Induktivität in 2 gleiche Spulen mit halbem Induktivitätswert, die mechanisch gekoppelt sein müssen. Die Kapazität muss jetzt mit einem Doppelschalter wahlweise vor oder hinter die Serieninduktivitäten schaltbar sein.

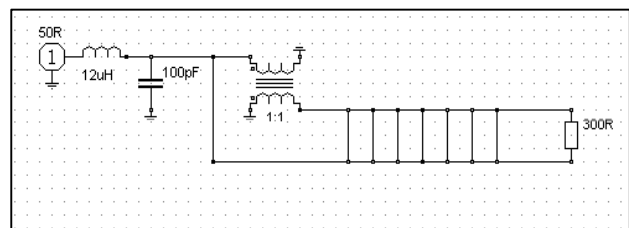


**Bild 1: Symmetrisches LC-Anpassnetzwerk an einer symmetrischen Leitung.**

### Fazit:

Auch für symmetrische Leitungen kann das einfache LC-Netzwerk zur Anpassung verwendet werden. Die galvanische Trennung der Antennenanlage von der Station wird durch ein Luft-Balun oder Guanella /1:1) am Ausgang des LC-Netzwerkes erreicht /9/. Wird dieser als Luft-Übertrager ausgeführt, werden Sättigungseffekte und Verluste, wie bei Ringkern - Übertragern, vermieden.

Der bifilar gewickelte Luft-Balun am Ausgang des Netzwerkes hat eine Übersetzungsverhältnis von 1:1, was vorteilhaft für die davor liegende LC-Anpassschaltung ist, weil die Impedanzen 1:1 übersetzt werden /8, 9/. Wird der Luft-Übertrager als Phase-Reversal-Übertrager ausgeführt /12/ ist das Übersetzungsverhältnis im Idealfall 1:4 mit galvanischer Kopplung zwischen unsymmetrischen LC-Koppler und Antenne – Bild 2.



**Bild 2: Unsymmetrisches LC-APN vor einem Phase-Reversal-Transformator mit  $\bar{u} = 1:4$  (Idealfall)**

Besonders verlustarm ist ein CC-Koppler, der nur aus 2 Kapazitäten besteht, entweder 2 variable Kondensatoren oder ein Differentialkondensator /2/.

Anpassung ist damit nur möglich, wenn der Realteil der Zuleitungsimpedanz kleiner als die Quellimpedanz ist und der Imaginärteil induktiv, was durch richtige Planung der Antennenanlage und der Länge der Zuleitung meistens erreicht werden kann, allerdings nicht für alle Bänder /2/.



Dr. Schau, DL3LH  
[wa-schau@t-online.de](mailto:wa-schau@t-online.de)  
[dl3lh@gmx.de](mailto:dl3lh@gmx.de)  
[www.heide-holst.de](http://www.heide-holst.de)

## Literatur

- /1/ „ Passive Netzwerke zur Anpassung “, DL3LH
- /2/ „ Die Antenne macht die Musik “, DL3LH,
- /3/ „ Pi –Filter mit Verlusten I, II, III “, DL3LH
- /4/ „ T – Anpassnetzwerk I, II “, DL3LH
- /5/ „ Antennenmesstechnik I – V “, DL3LH
- /6/ „ Antennen Tuning I - VIII“, DL3LH
- /7/ „ Mythos Balun“ , DL3LH
- /8/ „ Gekoppelte Spulen “, DL3LH
- /9/ „ Gekoppelte Kreise “, DL3LH
- /10/ „ Ist ein Koppler bei KW erforderlich? “, DL3LH
- /11/ „ Wandler in der HF-Technik “, DL3LH
- /12/ „ Der Spartransformator in der HF-Technik “, DL3LH
- /13/ „Belastbarkeit von Kopplern“, DL3LH
- /14/ Der Phasenumkehrtrafo mit Verlusten und komplexen Lasten, DL3LH
- /15/ Der Guanella Übertrager mit Verlusten und komplexen Lasten, DL3LH
- /16/ Der 1:4 Übertrager mit Verlusten und komplexen Lasten, DL3LH
- /17/ Der 1:1 Übertrager mit Verlusten und komplexen Lasten, DL3LH
- /18/ Symmetrierung nach DL3LH ohne Balun, DL3LH

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.