

Magnetische Antennenkopplung

Von Dr. Ronald Eisenwagner - OE3REB

Beim Übergang vom Antennenkabel zur Antenne bzw. umgekehrt ist in fast allen Fällen eine **Schnittstellenanpassung** erforderlich. Die Hf-Schnittstellen sind dabei durch den Wellenwiderstand (Z) und die Symmetrieeigenschaften gekennzeichnet. Im Sendefall wird eine möglichst verlustarme Leistungsübertragung angestrebt, die dann sichergestellt ist, wenn die Schnittstellen in ihren Eigenschaften ident sind. In diesem Fall spricht man dann von „Leistungsanpassung“, die gesamte Hf-Energie fließt vom Sender über das Antennenkabel zur Antenne und nur diese strahlt.

Im Empfangsfall kann für bestimmte Zwecke „Rauschanpassung“ erforderlich sein, die mit der Leistungsanpassung nicht ident sein muss.

Dem heutigen Stand der Funktechnik entsprechend handelt es sich bei den Sender-/Empfänger- und Kabelschnittstellen um eine „unsymmetrische 50 Ohm-Welt“.

Stimmen die Wellenwiderstände der Schnittstellen nicht überein, dann wird ein Teil der Leistung an der/den Schnittstelle/n reflektiert und **Stehwellen** treten auf, deren Intensität durch das „Stehwellenverhältnis“ (SWR: engl. standing wave ratio) gekennzeichnet wird. Stehwellen verursachen zusätzliche Verluste am Antennenkabel und die reflektierte Leistung belastet die Endstufe thermisch. Bei den heute üblichen Techniken liegt die Schmerzgrenze bei einem SWR von 1:2. Steigt der Wert darüber an, dann wird durch eine Schutzschaltung die Senderleistung automatisch auf einen unkritischen Wert zurückgeregelt. Damit werden die Endstufentransistoren geschützt, aber gleichzeitig steht nur mehr ein Teil der möglichen Sendeleistung zur Verfügung.

Stimmen die Symmetrieeigenschaften an der Schnittstelle nicht überein, dann treten als Folge **Mantelwellen** am Antennenkabel auf, dh. auf der Außenseite des Schirmes des Koaxialkabels fließt ein Hf-Strom. Dadurch geht die Schirmwirkung des Kabels verloren, das Kabel strahlt und wirkt (unerwünscht) wie die Fortsetzung der Antenne.

Als eine der vielen dadurch verursachten Nebenwirkungen treten bei Kabelführung innerhalb von Gebäuden TVI, BCI und Störungen elektronischer Anlagen auf, obwohl man in der sicheren Meinung lebt, das Koaxialkabel sei doch abgeschirmt. Mit wenigen Ausnahmen handelt es sich bei Amateurfunkantennen im KW-Bereich um lineare Antennen in Form von Dipolen oder Dipolkombinationen. Hier liegen bereits die ersten Schnittstellenprobleme begraben - ein unsymmetrisches Koaxialkabel soll mit einer symmetrischen Antennenschnittstelle verknüpft werden und die geforderten 50 Ohm Wellen-Widerstand sind nur für einen relativ schmalen Frequenzbereich sicherzustellen, wenn man nicht Breitbandantennen verwendet. Es ist daher in jedem Fall zu symmetrieren, sollen die unerwünschten Mantelwellen vermieden werden. Dies kann mit Hilfe eines BALUNs (engl. balanced to unbalanced) erfolgen oder durch Verwendung einer Mantelwellensperre in Form einer Koaxialkabelspule (typisch 12-14 Wdg. 20 cm Durchmesser), die allerdings unmittelbar nach der Antennenschnittstelle angebracht werden muss. Über die möglichen Techniken der Realisierung der Mantelwellensperren haben wir bereits mehrmals in der QSP berichtet.

Für die Anpassung unterschiedlicher Wellenwiderstände stehen mehrere Lösungen zur Verfügung. L-Pi- und T-Glieder (= Kombinationen von Kondensatoren und Spulen) wurden in der QSP ebenfalls bereits ausführlich behandelt.

Heute darf ich Ihnen etwas über die magnetische Antennenkopplung berichten, die durch die Kombination von Spulen realisiert wird. Mit dieser Kombination kann sowohl symmetriert, als auch transformiert werden. Eine wesentliche Charakteristik ist dabei der nutzbare Frequenzbereich („Nutzbandbreite“). Durch besondere Techniken und die Verwendung ferromagnetischer Werkstoffe (Eisenpulver, Ferrite) in Stabform oder als Ringkerne, kann der gesamte Kurzwellenbereich abgedeckt werden.

Nun konnte man davon ausgehen, dass kommerzielle Baluns das halten, was die Prospekte versprechen. Leider ist das nicht immer der Fall bzw. die „Symmetrieentkopplung“ ist nicht über den gesamten Frequenzbereich ausreichend gut. Es ist daher die Verwendung einer Mantelwellensperre in jedem Fall sinnvoll, es sei denn, dass man über den verwendeten Balun sehr genau Bescheid weiß.

Es gibt fast beliebig viele denkbare Varianten von magnetischen Antennenkopplern. Die im Folgenden aufgezählten werden vorrangig verwendet und sind auch im einschlägigen Handel erhältlich.

BALUN: (unsymmetrisch auf symmetrisch)

- 4:1 50 auf 12,5 Ohm für die Ankopplung an mehrelementige Beamantennen.
- 1:1 ausgelegt für 50 Ohm. Bei Fehlanpassung wird der Balun belastet und kann bei Verwendung von Ferriten in „Sättigung“ gehen. Störungen sind die Folge und der Kern kann seine magn. Eigenschaften ändern und bei Überlastung irreversibel zerstört werden.
- 1:2 50 auf 100 Ohm für die Anpassung an Loop-Antennen.
- 1:6 50 auf 300 Ohm für die Anpassung an asymmetrisch gespeiste Dipole (im deutschsprachigen Raum als „Fritzel-Dipol“ FD4, FD5... nach dem bekannten Hersteller benannt; richtig wäre „Windom-Antenne“). In dieser Anwendung direkt in die Antenne integriert.
Bei Verwendung einer symmetrischen Speiseleitung („Hühnerleiter“) vor Einführung in Gebäude etc. positioniert.
- 1:9 50 auf 450 Ohm zur Kopplung an symmetrische Speiseleitungen, etwa dem bekannten „Wierman-Feeder“ (schwarz mit ausgestanzten Fenstern...).
- 1:6 50 auf 800 Ohm zur Speisung von Rhombusantennen und abgeschlossenen V-Antennen (im Amateurfunk eher selten verwendete, sehr einfache, aber wirksame Drahtantennen mit großem Platzbedarf).
- 1:9/16 40 auf 450 zur Kopplung an Beverage-Empfangsantennen und für den „magnetischen Antennenbreit-bandkoppler“ (siehe) zur Kopplung an Eindraht-/Langdrahtantennen.

UNUN: (unsymmetrisch auf unsymmetrisch)

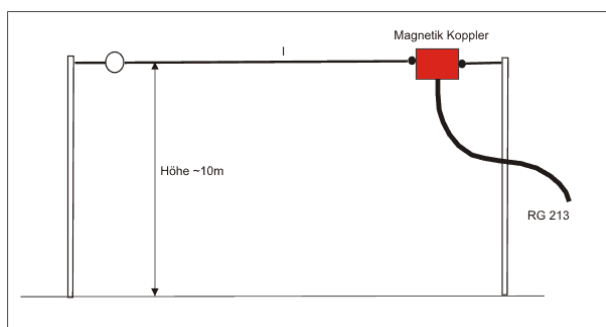


Abb. 1: Messaufbau nach HB9EBV

Neben den angeführten Standard-Typen ist der Fantasie keine Grenze gesetzt. Meist handelt es sich aber dann um eher schmalbandige Lösungen für einen speziellen Antennentyp.

Nun darf ich Sie mit einem magnetischen Antennenkoppler bekannt machen, dessen Wirkungsweise mir selbst noch nicht ganz klar ist - aber das Ding funktioniert! Dazu eine Kurze Vorgeschichte. Bereits vor etlichen Jahren habe ich bei der HAM RADIO einen sog. „Magnetic-Balun“ erworben, von dem das Prospekt eine stehwellenarme Kopplung an Drahtantennen /endgespeist mit einer Mindestlänge von 15 m verspricht. Ein unscheinbares kleines Gebilde mit Koaxanschluss und einer Klemmschraube für den Antennendraht. Eher aus Neugierde - wie sollte denn dieser Winzling einen ausgewachsenen Antennenkoppler ersetzen?! Und da ich ja schon beim Kauf mehr als skeptisch war (niemand am Verkaufsstand hatte eine akzeptable Erklärung) wurde das Ding eingelagert und vergessen. Vor nun etwas mehr als einem Monat kam das große „Aha-Erlebnis“ beim Lesen der Klubzeitschrift OLD MAN der USKA. HB9EBV beschreibt Messungen an einem „Magnetic-Balun“, den er bei der Fa. WiMo erworben hatte und von dem

Wunderdinge erzählt wurden (old man 1/2003). Die Tabelle 1 zeigt tatsächlich ein erstaunliches Koppelverhalten in Abhängigkeit von Drahtlänge und Frequenzbereich, wobei die Drähte jeweils in ca. 10 m Höhe aufgehängt und über rund 10 m Koax angespeist wurden. Abb. 1 zeigt den einfachen Mess- und Versuchsaufbau.

Auf Grund der mechanisch grenzwertigen Ausführung dieses „Magnetic-Baluns“ war nach der Messserie eine Reparatur notwendig und dabei kam natürlich das Innenleben zum Vorschein - ein einfacher 1:9 UNUN (also kein magnetic "Balun"), der im Original für 100 W ausgelegt auf einem T 130-2 Kern von Amidon mit 3 x 7 Windungen hergestellt wurde.

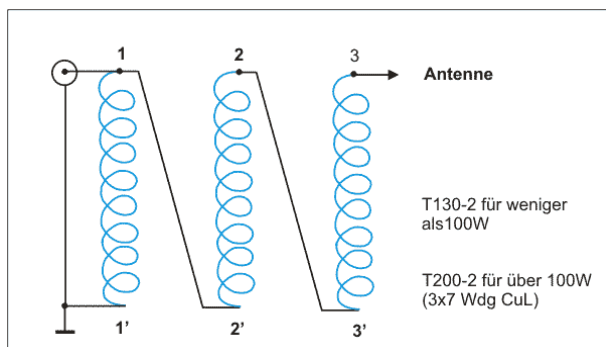


Abb. 2: 1:9-Übertrager für den magnetischen Antennenkoppler/Endspeisung

Erdungsschraube war überhaupt keine vorgesehen und sollte beim sicher lohnenden Nachbau als Portabel-/Mobilkoppler nicht vergessen werden. Dazu würde ich eher einen T 200-2 Kern empfehlen und statt des Kupfer-Lackdrahtes besser einen Teflon-isolierten Draht, da relativ hohe Spannungen auftreten müssten.

Ein endgespeister Dipol sollte doch viel hochohmiger sein, als mit einem 1:9 UNUN anpassbar - hier liegt bei mir noch ein großes Verständnis-Fragezeichen. Haben Sie dafür eine brauchbare Erklärung? Das Bewicklungsschema ist in Abb. 2 gezeigt.

Nun nehme ich an, dass eine Erdung nur dann unbedingt von Vorteil wäre, wenn der Draht kürzer als eine halbe Wellenlänge der tiefsten Betriebsfrequenz ist, aber in jedem Fall ist eine Mantelwellensperre unbedingt notwendig. Dieser magnetische Antennenkoppler ist ein einfaches und lohnendes Wochenendprojekt und nach den begeisterten Erfahrungsberichten in der OLD MAN lohnt sich ein Versuch.

In der Zwischenzeit habe ich eine "feldtaugliche" Variante hergestellt, die im Sommer erprobt wird. Ich freue mich schon, Ihnen im Herbst darüber zu berichten.

OE5REB

Drahtlänge (m)	1.8 MHz	3.5 MHz	7.0 MHz	10 MHz	14 MHz	18 MHz	21 MHz	24 MHz	28 MHz	50 MHz
54	5.2	1.6	1.1	1.1	1.8	1.3	1.6	1.7	1.2	1.5
53	4.65	1.2	1.2	1.2	2.1	1.4	1.4	1.5	1.2	1.1
50	3.5	1.1-1.1	1.3	1.6-1.7	1.6-1.9	1.8-1.9	1.1-1.5	1.5	1.1-1.7	1.1-1.5
45	3.2	2.2-2.6	2.4	2.4	1.4-1.6	1.3-1.4	1.1-1.2	1.4-1.5	1.1-1.6	1.0-1.6
41.5	3.4	2.7-3.1	2.6	1.6-1.7	2.0-2.1	2	1.6-1.7	1.5	1.5-1.7	1.1-1.4
35	3.3	3.8-3.9	1.2-1.4	1.6-1.7	1.6	1.8	1.6-1.7	1.4	1.1-1.7	1.4-1.5
30	2.8	3.0-3.5	1.6-1.8	2.3	1.8-2	1.3-1.4	1.1-1.3	1.7	1.1-1.7	1.1-1.6
27	2.8	2.5-2.8	2.1-2.3	1.8-2	1.2-1.4	1.9	1.7-1.8	1.4	1.5-1.7	1.2-1.6
22	2.2	1.7-2.0	2.8-2.9	1.2	1.8-2	1.4	1.4-1.6	1.1	1.5-1.7	1.0-1.4

18	1.6	1.6	2.0-2.1	2	1.4-1.6	2	1.0-1.2	1.6-1.7	1.2-1.4	1.4-1.6
16.2	1.6	1.4	1.4-1.5	1.5-1.6	1.1-1.2	1.9	1.2-1.3	1.1	1.7-1.8	1.0-1.2
15	1.5	1.2-1.4	1.3-1.4	2.4	1.1-1.3	1.6	1.6-1.7	1.4	1.4-1.8	1.5-1.6
13.5	3	1.1-1.3	1.1	2.1	1.7-1.8	1.3	1.7-1.8	1.6	1.1-1.3	1.2
11	2.2	1.0-1.3	1.2	1.3	2.0-2.1	1.6	1.2	1.7	1.6	1.5-1.6
9	3	1.1-1.5	1.6-1.7	1.2	2.1	2	1.3-1.4	1.2	1.6-1.8	1.3-1.5
7.5	3.2	1.6-1.8	2.2-2.3	1.6	1.4	2.1	1.8	1.4	1.2-1.3	1.4-1.5
6.5	3.5	1.5-2.0	2.9-3.0	1.7	1.1	1.8	2	1.6	1.4-1.5	1.3

Tab. 1: Messwerte für den magnetischen Antennenkoppler in Abhängigkeit von Drahtlänge und Frequenz (nach HB9EBV in „old man“ 1/2003)