

# **Rund um die Antenne**

**Praxisorientierte Antennenkunde für Funkamateure**

**Teil 3:  
Antennenkoppler, SWR-Meter, Messgeräte, Baluns**

Max Rügger, HB9ACC

**Allen Freunden des Selbstbaus gewidmet**

## **Rund um die Antenne**

Teil 3: Antennenkoppler, SWR-Meter, Instrumente, Baluns

---

## Inhaltsverzeichnis

**Seite**

<b>3</b>	<b>Rund um die Antenne, Teil 3</b>	
	<b>Vorwort</b>	5
<b>3.1</b>	<b>Antennenkoppler</b>	7
3.1.1	Allgemeines zu Antennenkopplern	7
3.1.2	Verluste in Antennenkopplern	8
3.1.3	Prinzipien von Antennenkopplern	9
3.1.4	Antennenkoppler für unsymmetrische Speiseleitungen	10
3.1.4.1	Prinzip „Tiefpassfilter“	10
3.1.4.2	Prinzip „Hochpassfilter“	10
3.1.4.3	Der einfachste Antennenkoppler	11
3.1.4.4	Vorgehen beim Abstimmen	12
3.1.5	Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen	13
3.1.5.1	Unsymmetrische Antennenkoppler mit 1:4 Balun	13
3.1.5.2	Echter symmetrischer Antennenkoppler	14
3.1.5.3	Johnson Matchbox, ein echter symmetrischer Antennenkoppler	15
3.1.5.4	Link-Kopplung zum Anschluss symmetrischer Speiseleitungen	16
3.1.6	T-Koppler mit Mantelwellensperre	18
3.1.7	Automatische Antennenkoppler	19
<b>3.2</b>	<b>Erdleitungskoppler</b>	21
<b>3.3</b>	<b>SWR-Meter</b>	22
<b>3.4</b>	<b>Messinstrumente für den Antennenbau</b>	23
3.4.1	Grid-Dip Meter	23
3.4.2	Vielfach Instrument	24
3.4.3	Rauschbrücke	24
3.4.4	SWR Analysator	25
<b>3.5</b>	<b>Antennenstrom-Messung</b>	26
<b>3.6</b>	<b>Antennen-Umschalter</b>	27
<b>3.7</b>	<b>Baluns</b>	29
3.7.1	Balun oder nicht ?	29
3.7.2	Wie erkenne ich einen schlechten Balun ?	30
3.7.3	Spannungsbalun	31
3.7.4	Strombalun alias Mantelwellensperre	33
3.7.4.1	Mantelwellensperre in Form einer Koaxialkabelndrossel	35
3.7.4.2	Der klassische „Current Balun“ (Strombalun)	36
3.7.4.3	Mantelwellensperre in Form einer Ringkerndrossel aus Koax-Kabel	36
3.7.4.4	Mantelwellensperre mit Ferritkernen	37
3.7.5	Der 1:9 Balun alias „magnetischer Balun“	38
3.7.6	Statik ableiten	41

## **Rund um die Antenne**

Teil 3: Antennenkoppler, SWR-Meter, Instrumente, Baluns

---

## Vorwort

Die erste Version dieses Dokumentes, damals unter dem Namen „Drahtantennen Praktikum“, ist zu dem Zeitpunkt entstanden als allen YL's und OM's deren Funkverkehr sich bisher auf Frequenzen oberhalb 30 MHz beschränkt hat damals neu den Zugang zur Kurzwelle erhalten haben.

Ich habe das Dokument damals meinen Freunden und Amateurfunker-Kollegen zur Verfügung gestellt. Das grosse Echo, das dadurch ausgelöst wurde hat, hat mich bewogen das Dokument laufend zu überarbeiten und weitere Erfahrungen einfließen zu lassen.

Einige Bemerkungen zum Dokument:

- Dieses Dokument ersetzt kein Antennenbuch und es enthält keine Kochrezepte. Mein Ziel war es die Materie von der praktischen Seite her anzugehen. Überdies ist es ein Ziel von mir das Verständnis für Antennen im allgemeinen und Drahtantennen im speziellen zu wecken. Die dazugehörigen Formeln, die es einem erlauben die Drahtlängen zu berechnen, findet man in jedem Antennenbuch. In jedem Antennenbuch finden sich auch jede Menge Formeln deren Herleitung wohl nur für wenige von uns nachvollziehbar ist. Ich versuche mit Betrachtungen über den Spannungs- und Stromverlauf auf Antennen das Verständnis für Probleme der Anpassung, SWR etc. zu wecken.
- Das Dokument enthält auch Information rund um die Antenne, also Materialkunde, Informationen über Speiseleitungen, Baluns, nützliche Messgeräte etc.
- Das Dokument befasst sich nicht mit Mehrelementantennen, wie Yagis, Mehrelement Quads, etc. Es beschränkt sich weitgehend auf Antennenformen die vom „ganz normalen OM“ im Selbstbau erstellt werden können.
- Dieses Dokument enthält wahrscheinlich nichts was man nicht auch anderswo nachlesen könnte.
- Dieses Dokument hat keinen kommerziellen Hintergrund. Ich habe mir deshalb gestattet für gewisse Darstellungen auf vorhandene Schemas, Zeichnung, Skizzen etc. zurückzugreifen.
- Ich verwende im Text häufig den Ausdruck OM. Damit sind natürlich auch alle YL's und XYL's gemeint. Der Ausdruck OM hat einfach meine Schreibarbeit vereinfacht. Man verzeihe mir das.

Auch wenn dieser Beitrag zum Thema Antennen nicht vor mathematischen Formeln und algebraischen Abhandlungen strotzt, ich persönlich habe als Fernmelde-Ingenieur keine Berührungspunkte mit der Theorie und der Mathematik. Ganz im Gegenteil. Ich selbst versuche immer wieder die Aussagen die ich mache mathematisch und von der Theorie her zu unterlegen.

Ich habe aber volles Verständnis für alle OM's die mit der Mathematik nicht unbedingt auf Du und Du sind und die sich lieber mit den praktischen Belangen auseinandersetzen. Wer einmal die grundlegenden Elemente der Antennentechnik verstanden hat, der ist in der Lage irgendwo auf der Welt, ohne grosse Hilfsmittel, lediglich mit einem Metermass in der Hand, Antennen zu erstellen die funktionieren.

Es ist mir wichtig Erklärungen und Anregungen zu geben die den Freunden des Selbstbaus weiterhelfen.

# Rund um die Antenne

## Teil 3: Antennenkoppler, SWR-Meter, Instrumente, Baluns

---

Das Dokument ist in 7 Teil-Dokumente aufgegliedert:

- **Teil 1**
  - allgemeine Hinweise
  - Materialkunde
  - Blitzschutz
  - Sicherheit
  - Masten
  
- **Teil 2**
  - Speisekabel
  - SWR
  
- **Teil 3**
  - Antennenkoppler
  - SWR-Meter
  - Instrumente
  - Baluns
  
- **Teil 4**
  - Antennen-Theorie
  - Antennen-Simulation
  
- **Teil 5**
  - Dipole
  - Windom-Antennen
  - Trap-Antennen
  - Langdraht-Antennen
  
- **Teil 6**
  - Ganzwellen-Dipol
  - L-Antennen
  - Sloper
  - Schleifenantennen
  - Vertikal-Antennen
  
- **Teil 7**
  - spannungsgespeiste resonante Antennen
  - verkürzte Antennen
  - Sonderformen verkürzter Antennen

**Wichtiger Hinweis:**

Die in dieser Dokumentation gemachten Angaben zu Schaltungen und Verfahren etc. werden ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt. Sie sind ausschliesslich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden. Der Autor hat die Angaben mit grösster Sorgfalt und nach bestem Wissen und seinen Erfahrungen zusammengestellt. Der Autor weist darauf hin, dass er weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen die auf fehlerhafte Angaben oder Auslegung direkt oder indirekt zurückgehen übernehmen kann.

Ich wünsche allen OM's, YL's und XYL's viel Erfolg und Befriedigung mit unserem weltumspannenden schönen gemeinsamen Hobby Amateurfunk.

März 2007

73 de Max Rügger / HB9ACC

## 3.1 Antennenkoppler

### 3.1.1 Allgemeines zu Antennenkopplern

Für das was hier als Antennenkoppler bezeichnet wird findet man in der Literatur alle möglichen Begriffe. Hier nur einige:



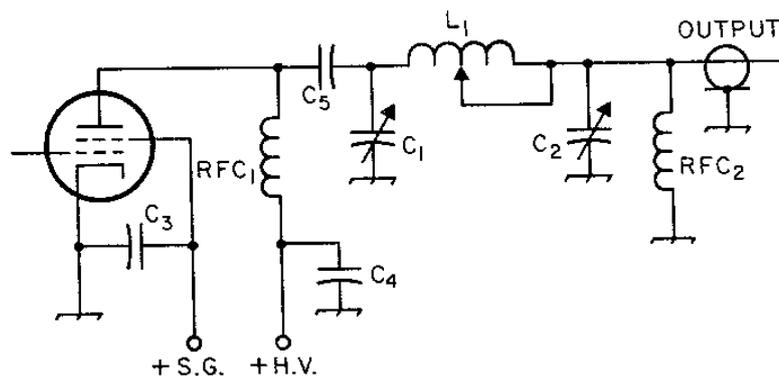
- Antennenkoppler
- Antennenanpassgerät
- Antennentuner
- Impedanzanpassungsgerät
- ... etc.

Es handelt sich dabei immer um ein Gerät dessen Zweck darin besteht ein bestehendes Antennensystem inklusive Speiseleitung an den Senderausgang anzupassen. Wie in Teil 2.2 unter dem Überbegriff SWR beschrieben geht es darum die Totalreflexion herzustellen.

#### Warum brauchen heutige Funkstationen überhaupt einen Antennenkoppler ?

Um diese Frage zu beantworten blickt man am besten in die Vergangenheit zurück.

Vor langer Zeit, im vergangenen Jahrhundert, hatten Sender in der Endstufe immer Röhren (auch Glühtransistoren genannt). Die Impedanz im Anodenkreis einer Röhre lag typisch so bei ca. 2000  $\Omega$ . Die Antennen hatten (und haben immer noch) irgendeine Impedanz, die aber niemals mit der Impedanz im Anodenkreis der Endstufe identisch waren. Es gab diverse Methoden mit dem Problem der Anpassung der Antenne an die Senderendstufe fertig zu werden. Mit der Zeit hat sich die unten gezeigte Schaltung mit einem sog. Pi-Filter in der Endstufe als eine günstige und universelle Lösung herauskristallisiert.



Beim Pi-Filter handelt es sich um ein Low-Pass-Filter (Tiefpass-Filter). Dieses Pi-Filter besorgt die Impedanzanpassung zwischen der Senderöhre und der Antenne.

- C1 = Drehko zur Resonanzabstimmung der PA
- C2 = Drehko zur Antennenkopplung
- L1 = umschaltbare Spule (Bandwechsel)

Innerhalb vernünftiger Grenzen lässt sich mit dem Pi-Filter jede Antenne ankoppeln. Allfälliges SWR auf dem Antennenkabel stört die Endstufe überhaupt nicht, da das Pi-Filter dafür sorgt, dass in Richtung Antenne die Totalreflexion der Rückwärtsleistung auftritt.

Mit dem Aufkommen der Halbleiter-Endstufen wurde die Angelegenheit für den Funkamateure etwas komplizierter. Die Impedanzverhältnisse in einer Halbleiter-PA sind grundlegend anders geartet. Die Impedanzen nehmen tiefe Werte an. So waren die Halbleiter PA's geradezu prädestiniert um breitbandige 50  $\Omega$  Ausgänge zu konzipieren. Da keinerlei Abstimm-elemente mehr vorhanden sind um bei einer Fehlanpassung auf dem Antennenkabel die Totalreflexion der Rückwärtsleistung zu erzielen, treten in einer Halbleiter PA bei SWR tatsächlich Zustände auf die im Extremfall zur Zerstörung der teuren Leistungs-Halbleiter führen können. Heute haben fast alle Halbleiter PA's Schutzschaltungen eingebaut die bei SWR > 2 die Leistung auf einen für die Endstufen Halbleiter ungefährlichen Wert herunterregeln.

Um trotzdem Antennen, deren Impedanz von 50  $\Omega$  abweicht und die damit zwangsläufig SWR auf dem Antennenkabel erzeugen, verwenden zu können muss zwischen Transceiver und Antennenkabel ein Antennenkoppler eingeschaltet werden. Dessen Funktion ist vergleichbar mit der des Pi-Filters im Röhrensender. Er erlaubt es die komplexe Impedanz des Antennensystems so zu kompensieren, dass in Richtung Antenne Totalreflexion der reflektierten Leistung auftritt.

Antennenkoppler gibt es in allen möglichen Ausführungen und Schaltungsvarianten. Jeder Hersteller propagiert seinen Koppler als das einzig Wahre. In der Realität zeigt es sich, dass fast alle Antennenkoppler den Job erfüllen, den man von Ihnen verlangt. Auf den Bändern 80 m bis 10 m funktionieren die Mehrzahl der Antennenkoppler problemlos. Auf dem 160 m Band ist erfahrungsgemäss bei vielen Antennenkopplern der Abstimmbereich recht eingengt. Daran sind schlichtweg „pekuniäre“ Gründe schuld. Die Drehkondensatoren sind meistens zu klein, sie haben zuwenig Kapazität. Grössere Drehkondensatoren kosten mehr Geld ... und der Antennenkoppler soll ja zu einem vernünftigen Preis angeboten werden können. Dazu kommt, dass Drehkondensatoren von 500 pF und mehr meistens eine beachtliche Minimal-Kapazität aufweisen, was dann wieder die Abstimmung auf 28 MHz beeinträchtigt. 160 m-Freunde bauen sich deshalb am besten einen separaten Antennenkoppler für dieses Band.

### 3.1.2 Verluste in Antennenkopplern

Im Leben gibt es selten etwas geschenkt. Das ist auch bei Antennenkoppler so. Sie erfüllen die von ihnen geforderte Aufgabe, aber sie machen das nicht ganz gratis. Ihr Lohn ist das was wir als Verluste bezeichnen. Sie verbrauchen also einen Teil der Sendeenergie um ihre Aufgabe zu erfüllen.

Gemäss Messungen die vom ARRL Laboratorium durchgeführt und verschiedene Male im QST (ARRL Zeitschrift, ähnlich unserem OLD MAN) veröffentlicht wurden ergibt sich etwa folgendes Bild:



- **10 – 15 % Verluste sind normal**
- bis 40 % Verluste sind unter extremen Anpassbedingungen nicht ungewöhnlich

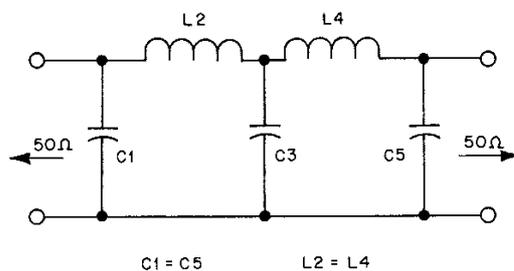
Darüber hinaus haben Antennenkoppler mit geschalteten Spulen immer noch die unangenehme Eigenschaft, dass man auf 2 oder mehr Spulenabgriffen eine scheinbare SWR 1:1 Anpassung (in Richtung Transceiver) vornehmen kann.

Es gilt dann herauszufinden welche der Einstellungen der Antenne wirklich am meisten Energie zuführt. Wie man das herausfindet, darüber später mehr.

Speziell in Acht nehmen muss man sich vor den sogenannten Kamikaze-Stellungen. Das sind Einstellungen am Antennenkoppler bei denen nahezu die gesamte Energie im Innern des Antennenkopplers verbraten wird. Der Antennenkoppler gibt dann nach einiger Zeit Rauchzeichen von sich und kann anschliessend diskret entsorgt werden.

### 3.1.3 Prinzipien von Antennenkopplern

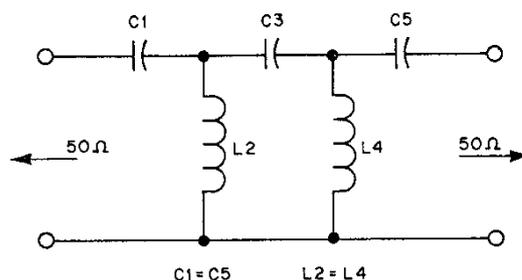
Antennenkoppler, wie sie auch immer im Detail aufgebaut sind, lassen sich (fast) immer auf eines der nachstehenden gezeigten Grundprinzipien zurückführen. Viele Antennenkoppler sind von den Komponenten her stark vereinfacht. Im Extremfalle reicht es aus als Anpassglied eine einzige Spule sowie einen einzigen Drehkondensator zu verwenden.



#### Prinzip: Tiefpassfilter

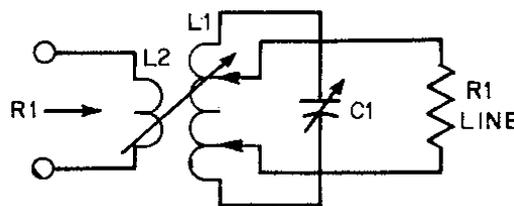
Vorteil:  
allfällige Oberwellen der Senderendstufe werden unterdrückt

typisch:  
Pi-Filter in Röhrensendern



#### Prinzip: Hochpassfilter

typisch:  
T-Tuner



#### Prinzip: abgestimmter Schwingkreis

Vorteil:  
Der abgestimmte Schwingkreis ist auf die Betriebsfrequenz abgestimmt und ist eine Wohltat für manchen nicht sehr grossignalfesten Empfänger.

typisch:  
- Z-Match  
- Koppler für symmetrische Speiseleitungen  
- Koppler für spannungsgespeiste Antennen (z.B. Fuchs-Kreis)

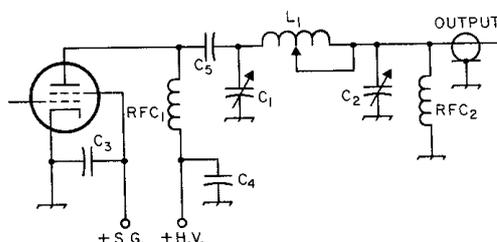
## 3.1.4 Antennenkoppler für unsymmetrische Speiseleitungen

### 3.1.4.1 Prinzip „Tiefpassfilter“

Dieses Prinzip der Impedanzanpassung wurde in der Form eines sog. Pi-Filters seit ca. 1950 fast standardmässig in den meisten Röhrenendstufen eingebaut. Wenn der Drehkondensator C2 nicht allzu knauserig ausgelegt wurde konnte man mit einem solchen Pi-Filter fast jede Antenne ankoppeln. Eine Ausnahme bilden spannungsgekoppelte Antennen die einen speziellen Antennenkoppler benötigen.

Antennenkoppler nach dem Pi-Filter Prinzip als Einzelgeräte hat es meines Wissens nie gegeben, wenigstens nicht in kommerzieller Ausführung.

Erst in den letzten Jahren mit dem Aufkommen der automatischen Antennenkoppler wurde dieses Prinzip wieder populär. Eine Vielzahl der heute angebotenen automatischen Antennenkoppler basiert auf dem Prinzip „Pi-Filter“.



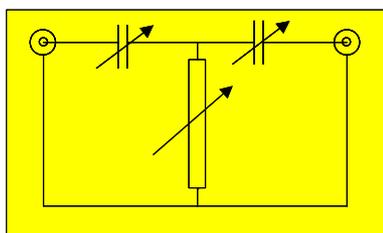
- C1 = Drehko zur Impedanzanpassung auf der Eingangsseite
- L1 = Induktivität
- C2 = Drehko zur Impedanzanpassung auf der Antennenseite



**ACHTUNG:**  
Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

### 3.1.4.2 Prinzip „Hochpassfilter“

Viele Antennenkoppler die als Einzelgeräte angeboten werden sind nach dem Prinzip „Hochpassfilter“ konstruiert. Speziell in Richtung Antenne findet man ab und zu einen Doppeldrehko eingebaut, dessen eines Bein Richtung Antenne schaut und das andere Richtung „Masse“. Nur nicht verwirren lassen, das Grundprinzip des Kopplers ist immer noch eine Hochpassfilter.



Ein simpler, heute oft verwendeter Antennenkoppler besteht aus:

- 2 Drehkos (meist 300 pF)
- 1 Spule (mit Anzapfungen oder Rollspule)

Dieser Koppler koppelt innerhalb vernünftiger Grenzen zwischen 80 m und 10 m fast alles an. Bei 160 m ist sein Einstellbereich eingeschränkt.



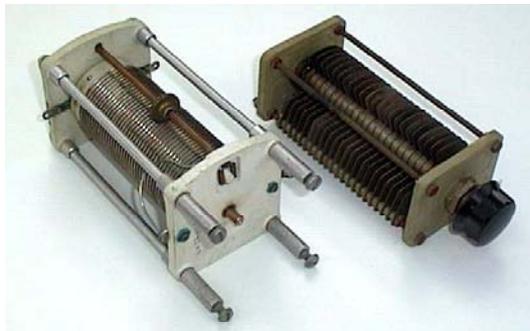
So kann der oben erwähnte Antennenkoppler typischerweise aussehen. Hier eine Version für die Bänder 80 – 10 m mit Ein- und Ausgangs-Drehko und schaltbarer Spule.



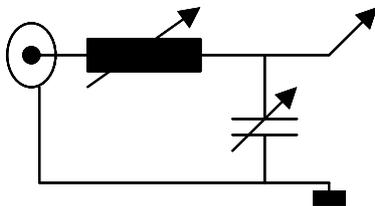
**ACHTUNG:**  
Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

### 3.1.4.3 Der einfachste Antennenkoppler

Antennenkoppler sind lohnende Selbstbauprojekte. Der einfachste Antennenkoppler besteht aus lediglich 2 Komponenten (Drehkondensator und Spule) sowie 2 Koaxbuchsen.



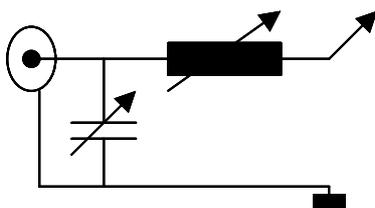
Wenn Komponenten wie nebenstehend gezeigt auf Flohmärkten zu akzeptablen Preisen auftauchen, dann heisst es blitzschnell zuschlagen. Mit diesen beiden Komponenten lässt sich bereits ein Antennenkoppler bauen der ohne weiteres die volle legale Leistung verkraftet. Anstelle einer Rollspule kann man natürlich auf eine feste Spule mit Anzapfungen verwenden.



Diese Schaltung wird für hochohmige Antennen verwendet, d.h.

$$Z_{out} > Z_{in}$$

Das sind typischerweise Langdrahtantennen und ähnliches.



Diese Schaltung wird für niederohmige Antennen verwendet, d.h.

$$Z_{out} < Z_{in}$$

Das sind typischerweise verkürzte Antennen..

Wer es ganz komfortabel will, der baut noch einen Umschalter ein, der den Drehkondensator einmal auf der Antennenseite einschläuft (zum Anschluss von hochohmigen Antennen) und in der anderen Stellung auf der Speiseseite einschläuft (zum Anschluss von niederohmigen Antennen)



**ACHTUNG:**  
Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

### 3.1.4.4 Vorgehen beim Abstimmen

Beim Abstimmen mit einem Antennenkoppler geht man zweckmässigerweise wie folgt vor:



- Die kleinstmögliche Leistung verwenden bei der das SWR Meter noch einen vernünftigen Ausschlag zeigt.
- Die beiden Drehkondensatoren (meist mit TRANSMITTER und ANTENNA bezeichnet) in Mittelstellung bringen.
- Mit der Rollspule oder mit dem Spulenabgriffschalter (meist mit INDUCTANCE bezeichnet) diejenige Stellung suchen bei der das kleinste SWR auftritt. Wenn man beim Umschalten der Spulenstellungen den Sender ausschaltet (z.B. Morsetaste loslassen) verlängert man die Lebensdauer des Umschalters ungemein. Die Umschaltkontakte sind meist etwas „dünn“ ausgeführt. Sie schätzen es gar nicht wenn unter Leistung umgeschaltet wird.
- Dann mit den beiden Drehkondensatoren das minimale SWR suchen. Immer abwechselungsweise die beiden Drehkos betätigen bis man wirklich die Stellung „minimales SWR“ gefunden hat.  
Man kann nicht immer SWR 1:1 erzielen, man sucht natürlich das Minimum. Im Grunde genommen ist eigentlich alles unter SWR 1:2 bereits i.O.
- Bei einem T-Koppler stellt man die Drehkos immer so ein, dass man den einen Drehko ausdreht (= kleinere Kapazität) und gleichzeitig den anderen Drehko um denselben Betrag eindreht (= grössere Kapazität). Bei Antennen die auf gewissen Frequenzen kritisch abzustimmen sind muss man mittels dieser Methode in ganz kleinen Schritten vorgehen und ... schwupps ... plötzlich hat man eine perfekte Einstellung gefunden.

Es gibt verschiedene Hersteller die bauen bei den höherpreisigen Ausführungen ihrer Koppler gleich einen Differentialdrehkondensator ein, der automatisch genau das macht. Wird die eine Seite des Drehkos grösser wird automatisch der Wert der anderen Seite kleiner. Solche Antennenkoppler, die nur noch 2 Einstellorgane haben, nämlich eine Rollspule und den Differentialdrehkondensator, sind äusserst bequem. Bekannte Hersteller mit solchen Antennenkopplern im Sortiment sind z.B. PALSTAR oder auch MFJ.

Antennenkoppler mit Differentialdrehkondensator sind ganz einfach abzustimmen.

- Differentialdrehko in Mittelstellung bringen
- Rollspule durchdrehen bis das SWR den besten Wert annimmt. Das kann immer noch weit von SWR 1:1 entfernt sein.
- Dann den Differentialdrehko durchdrehen biss das SWR kleiner und kleiner wird.
- Dann noch einmal schauen ob eine kleine Korrektor an der Rollspule nötig ist.

Ich selbst bin einmal an einem Flohmarkt über einen deftigen Differentialdrehko gestolpert der für kleines Geld zu haben war. Zusammen mit einer Rollspule ergab das ein vorzüglicher Antennenkoppler der wirklich kinderleicht zu handhaben ist.

#### **WARNUNG vor Kamikaze-Stellungen:**

In der Praxis kann es speziell bei Antennenkoppler mit umschaltbarer Spule vorkommen, dass man für eine bestimmte Frequenz zwei verschiedene Einstellungen findet, die beide optimales SWR auf dem Koax zwischen Antennenkoppler und Transceiver ergeben. Häufig ist es dann so, dass bei einer Stellung die Leistung wirklich auf die Antenne geht und in der anderen Stellung der grösste Teil der Leistung intern im Antennekoppler verbraten wird. Dies ist die sog. „Kamikaze-Stellung“. Es ist jeweils schwer zu sagen welche Stellung die Richtige ist. Um dies herauszufinden schaltet man ein zweites SWR Meter (oder ein HF-



Amperemeter) in die Zuleitung zwischen Antenne und Antennenkoppler. Diejenige Stellung die an letzterem Instrument den höheren Ausschlag gibt ist die richtige.

Man merke sich:

**Der grösste Strom in der Antenne (oder Zuleitung)  
ist immer die optimale Abstimm-Einstellung.**

### 3.1.5 Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen

Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen sind ein Spezialgebiet für sich. Es gibt unzählige brauchbare (und auch weniger brauchbare) Schaltungen. Der beste Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen war wohl die JOHNSON MATCHBOX aus den 1950'er Jahren. Mit dieser „Matchbox“ konnte man wirklich jede Impedanz zwischen  $5 \Omega$  und  $\infty$  anpassen. Aber ... wer hat schon eine solche „Matchbox“ ... und wer eine hat gibt sie nicht her. Bekannt sind auch die symmetrischen Tuner von Annecke (D) die es, wenn mein Wissensstand korrekt ist, heute auch nicht mehr zu kaufen gibt.

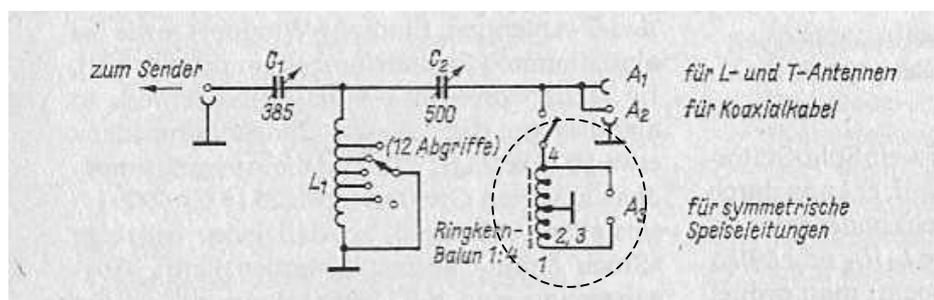
Glücklicherweise gibt es aber auch noch andere Lösungen mit der man die ersten Versuche mit symmetrischen Speiseleitungen machen kann.

#### 3.1.5.1 Unsymmetrische Antennenkoppler mit 1:4 Balun

Wie bereits gesagt, glücklicherweise gibt es aber auch noch eine andere Lösung mit der man die ersten Versuche mit symmetrischen Speiseleitungen machen kann und das ist

##### **der 1:4 Balun ( $50 / 200 \Omega$ )**

Der 1:4 Balun ist zwar nicht ideal und er hat einen eingeschränkten Abstimmbereich. Stromkopplung geht gut, bis mittlere Impedanzen geht es auch gut. Bei hohen Impedanzen beginnen sich Probleme einzustellen und mit einer reinen Spannungskopplung wird der 1:4 Balun nicht fertig. Bei stark reaktiven Impedanzen kann der Kern in die Region der Sättigung kommen und sich erwärmen. In der Praxis kann man damit aber arbeiten. Bei vielen Artikeln die Antennen beschreiben die mittels einer symmetrischen Speiseleitung betrieben werden sind „ideale Speiseleitungs-Längen“ angegeben. Diese sind dann jeweils so, dass eine Anpassung über einen 1:4 Balun möglich ist.



Das obige Bild zeigt einen Antennenkoppler der mit einem 1:4 Balun ausgerüstet ist und die Ankopplung von symmetrischen Speiseleitungen erlaubt.

Wer im Teil 2, unter 2.1.2.2 „Übergang von symmetrischer Leitung auf Koax-Kabel“ angepasst hat erinnert sich:

- Nicht immer ist der 1:4 Balun das Optimum um eine symmetrische Speiseleitung auf Koax-Kabel übergehen zu lassen. Häufig ist ein 1:1 Balun oder eine wirkungsvolle Mantelwellensperre die bessere Lösung.

**Warum bauen denn die Hersteller von Antennenkoppler immer einen 1:4 Balun ein?**

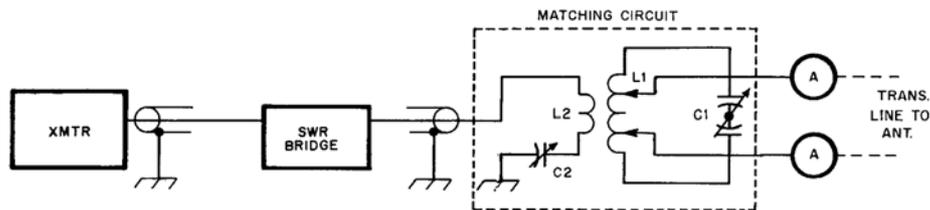
Wer das oben erwähnte Schema betrachtet kommt der Sache möglicherweise auf die Spur. Es dürfte in der Praxis keine preisgünstigere und einfacher Art Balun geben als den 1:4 Balun. Alles was wir benötigen ist ein geeigneter Ringkern und 2 identische Wicklungen. Der Aufbau ist simpel einfach und man hat dem Kunden gegenüber ein zusätzliches Verkaufsargument. Nebst Antennen mit Koax-Kabel Speisung lassen sich auch symmetrische Speiseleitungen anpassen. Das überzeugt jeden Kunden. Jeder andere Balun und auch jede Mantelwellensperre kostet in der Herstellung mehr.



**ACHTUNG:**  
Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

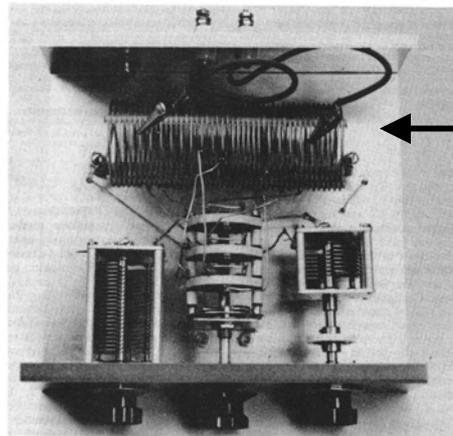
### 3.1.5.2 Echter symmetrischer Antennenkoppler

Das nachstehende Schema zeigt einen Antennenkoppler aus grauer Urzeit. Diese Art Antennenkoppler wird seit den Anfängen der Funktechnik angewendet. Da die Dinge etwas kompliziert in der Bedienung sind ist diese Schaltung mehr oder weniger in Vergessenheit geraten. Mit der gezeigten Schaltung lassen sich aber Antennen mit symmetrischer Speiseleitung jeglicher Art und jeglicher Impedanz einwandfrei anpassen.



**Komponenten:**

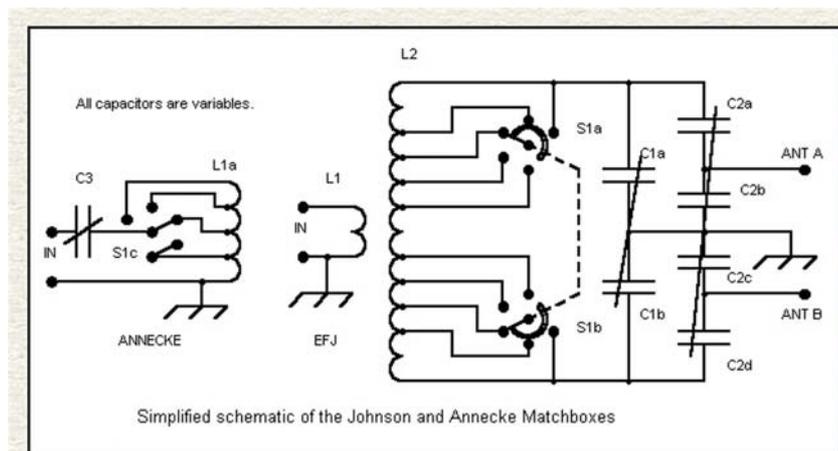
- Schwingkreis L1 / C1 auf Sendefrequenz abgestimmt (Parallelschwingkreis)
- L2 = Koppelspule (liegt geometrisch in der Mitte von L1)
- C2 dient zum Abgleich auf bestes SWR in Richtung XMTR
- Mittels Krokodilklemmen wird von der Mitte ausgehend derjenige Punkt gesucht der auf der Hühnerleiter den grössten Antennenstrom erzeugt.
- 2 HF-Amperemeter dienen dazu den absoluten Strom sowie die Symmetrie des Stroms in den beiden Leitern zu überwachen.



Krokodilklemmen

### 3.1.5.3 Johnson Matchbox, ein echter symmetrischer Antennenkoppler in Luxusausführung

Hier noch einige Worte, Bilder und Schemas zur „JOHNSON MATCHBOX“:



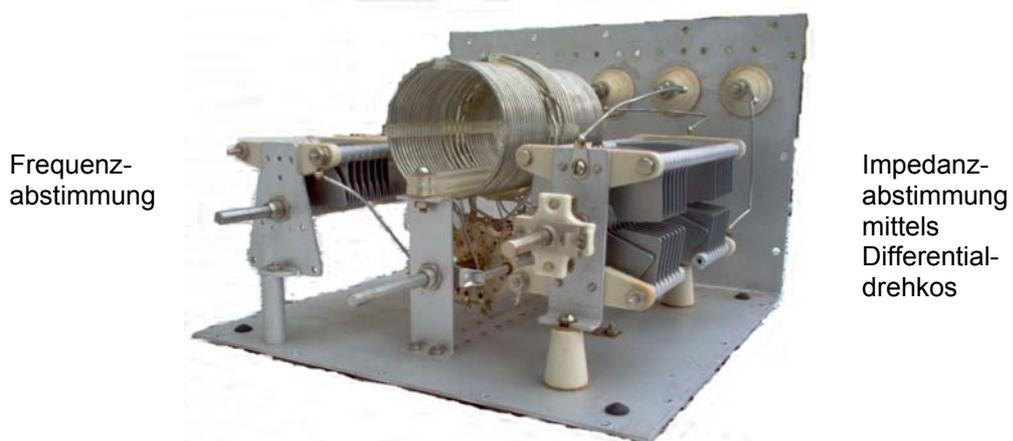
Hier die Vorder- und Hinteransicht der kleinen „JOHNSON MATCHBOX“. Diese ist für ca. 100 ... 200 W ausgelegt. Es gibt noch eine grössere Version, die für eine „California Full Gallon“ (1 kW) ausreichen sollte. Wer so etwas auf einem Flohmarkt entdeckt sollte sofort zuschlagen. So ein vielseitiges und universelles Antennen-Anpass-Gerät gibt es heute schlichtweg nicht mehr zu kaufen.

Die Firma Anneck in Deutschland hat während Jahren einen Nachbau der „JOHNSON MATCHBOX“ hergestellt. Inzwischen ist OM Anneck SK (silent key) und seine Produkte sind auch nur noch auf dem Flohmarkt erhältlich.

Einige Worte zur Schaltung:

Es handelt sich um einen Erd-symmetrisch aufgebauten Schwingkreis, bestehend aus L2 und C1a / C1b (linker Drehknopf). Mittels dem Schalter S1a / S1b werden die Frequenzbereiche umgeschaltet. Eine Koppelspule L1 koppelt das vom Koax-Kabel kommende Signal genau im Symmetrie-Punkt in den Schwingkreis ein. Die Hühnerleiter oder das Wireman 450  $\Omega$  Speisekabel wird an den Punkten A / B angeschlossen. Bei den 4 auf einer Achse angeordneten Drehkos C2a, C2b und C2c, C2d (rechter Drehknopf) handelt es sich um 2 Differentialdrehkos, die je einen kapazitiven Spannungsteiler in jedem Antennenabgang bilden. Damit kann jede Impedanz zwischen 0 und  $\infty$  angepasst werden.

Da man mit der Original „JOHNSON MATCHBOX“ nicht immer SWR 1:1 abstimmen kann (unter SWR 1:2 kommt man immer) hat OM Annecke bei seiner Ausführung die Koppelspule umschaltbar gemacht und noch den Drehko C3 eingefügt mit dem man dann in Richtung Transceiver immer SWR 1:1 erzielen kann.



### 3.1.5.4 Link-Kopplung zum Anschluss symmetrischer Speiseleitungen

Bei der Link-Kopplung handelt es sich auch wieder um eine Anschlussart aus „grauer Vorzeit“.

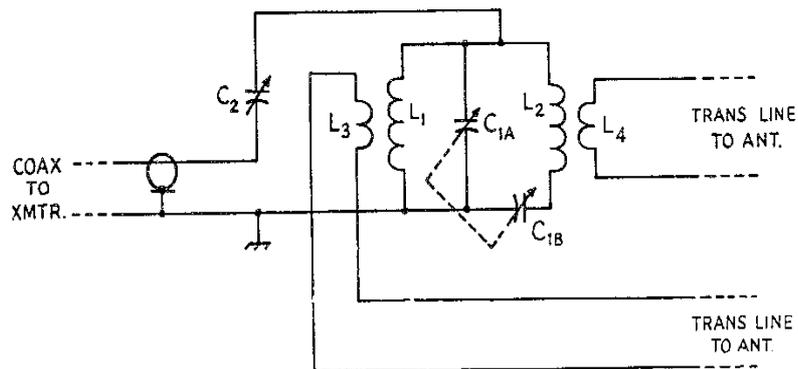
Link-Kopplung heisst nämlich nichts anderes als Ein- oder Auskopplung von Energie aus einem auf Resonanz abgestimmten Schwingkreis mittels einer sog. Koppelspule.

Dies ist eine Spule die aus wenigen Windungen Draht besteht und die auf oder in der nächsten Nähe der Schwingkreisspule angebracht wird. Als Beispiel für die Link-Kopplung soll die Urform des Z-Match gezeigt werden. Die Schaltung stammt aus meinem ersten ARRL Antenna Book aus dem Jahre 1960. Der Begriff Z-Match war damals noch unbekannt, die Schaltung wurde als „Matching circuit using multiband tuner“ bezeichnet. Das raffinierte an dieser Schaltung ist die Tatsache, dass es sich beim Gebilde L1/L2/C1A/C1B um einen Multiband Schwingkreise handelt, der bei richtiger Auslegung den Frequenzbereich 3 MHz bis 30 MHz stufenlos überstreicht.

Dieselbe Schaltung wurde in den 1940'er und 1950'er Jahren öfters auch in Leistungsstufen verwendet. Man konnte sich so den störungsanfälligen Bandumschalter einsparen.

## Rund um die Antenne

### Teil 3: Antennenkoppler, SWR-Meter, Instrumente, Baluns

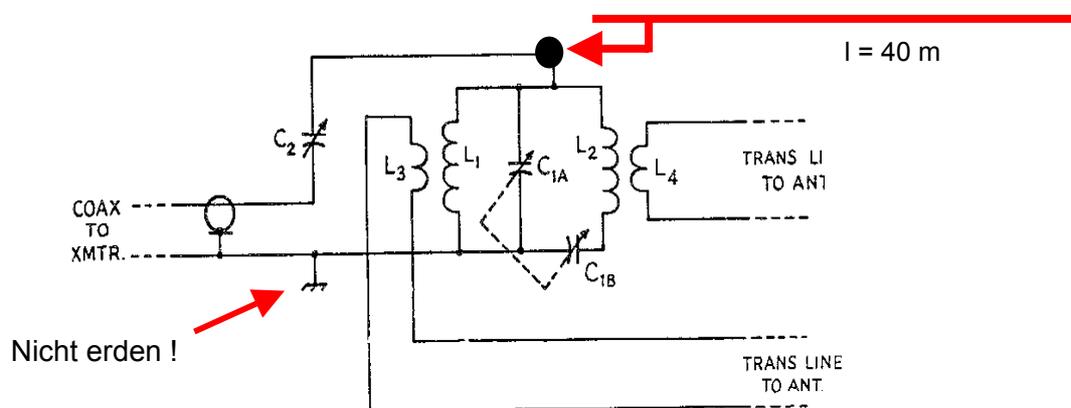


Der Doppeldrehko C1A/C1B dient zur Frequenzabstimmung.  
Der einfache Drehko C2 dient zur Abstimmung auf bestes SWR auf der Zuleitung  
Mittels der auf der Spule L1 aufgebrachten Koppelspule L3 lassen sich die Signale im Frequenzbereich 3 MHz bis ca. 10 MHz auskoppeln.  
Mittels der auf der Spule L2 aufgebrachten Koppelspule L4 lassen sich die Signale im Frequenzbereich 10 MHz bis ca. 30 MHz auskoppeln.  
Wenn man das der Masse nähere Ende der Koppelspule erdet dann lassen sich sogar Koaxialkabel anpassen.



**ACHTUNG:**  
**Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.**

Mit derselben Schaltung lässt sich aber noch einiges mehr bewerkstelligen.

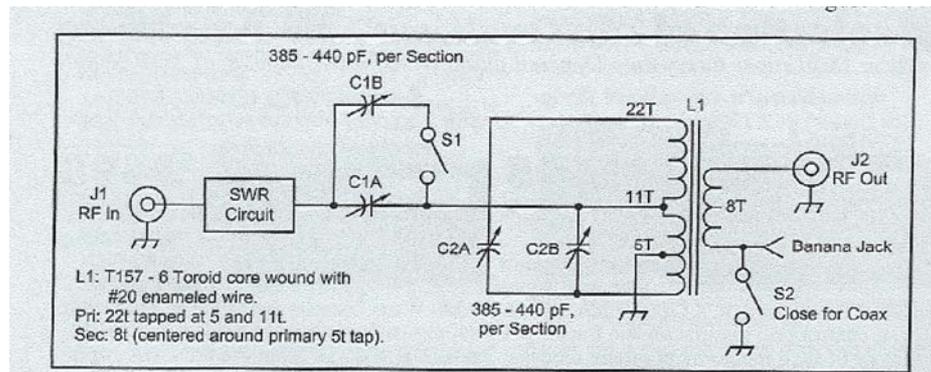


Wenn man nämlich, wie oben gezeigt, am heißen Ende des Schwingkreises einen Antennendraht anhängt mit einer Länge von ca. 40 – 44 m, dann erhält man eine resonante spannungsgespeiste Antenne.

**Achtung:**

**Damit die Schaltung erfolgreich funktioniert darf der Koppler nicht geerdet werden.**

Diese Antenne lässt sich auf allen Bändern zwischen 3.5 MHz bis 28 MHz, inklusive der WARC Bänder, benützen. Eine solche Antennenanordnung ist bei mir seit über 30 Jahren erfolgreich in Betrieb. Mehr über die Wirkungsweise dazu im Kapitel „spannungsgespeiste Antennen“



Hier eine moderne Schaltung nach demselben Prinzip. Die Schaltung wurde im QST Jan 2003 beschrieben. Eine spannungsgespeiste Antenne würde im Punkt der mit „11T“ bezeichnet ist angeschlossen. Die Spule besteht aus einem Ringkern T157-6 von Amidon. Der Schalter S2 wird bei Anschluss eines Koax-Kabels geschlossen.

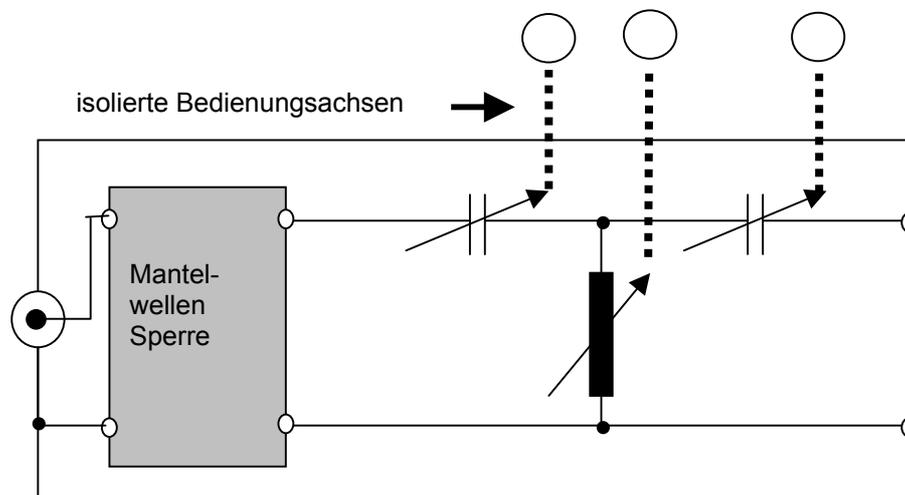
Man findet immer wieder OM's die von dieser Schaltung behaupten der Wirkungsgrad sei sehr schlecht, vor allem auf den oberen Bändern. Lasst Euch von diesen Pessimisten nicht ins Bockshorn jagen. Keiner von denen die ich persönlich kenne hat je mit dieser Schaltung gearbeitet, geschweige dann je selbst Wirkungsgrad-Messungen durchgeführt. Man vergesse nicht: Jeder Antennenkoppler weist Verluste auf.

Ich pflege diesen OM's jeweils folgende Antwort zu geben:

Selbst wenn es die Verluste auf den höheren Bändern tatsächlich gibt, dann kümmern sie mich nicht im geringsten. Wenn die höheren Bänder nämlich offen sind, dann sind die Ausbreitungsbedingungen so, dass ich die grössten Distanzen mit kleiner Leistung überbrücken kann. Das ist nämlich eine Tatsache.

### 3.1.6 T-Koppler mit Mantelwellensperre

Dank den heutigen Ferritkernen, die sich vorzüglich zum Bau von Mantelwellensperren eignen, kann der Bau symmetrischer Antennenkoppler stark vereinfacht werden. Es wurden schon öfters Antennenkoppler gebaut, die wie ein simpler T-Koppler aufgebaut sind. Um zur Anpassung symmetrischer Speiseleitungen geeignet zu sein wird einem T-Koppler eine wirksame Mantelwellensperre vorgeschaltet.



Bezüglich dem Aufbau eines solchen Gerätes muss folgendes beachtet werden:

- Die Bedienung der Drehkondensatoren und der Rollspule muss über isolierte Achsen geschehen. Flexible Kupplungen mit Isolation sind auf dem Markt erhältlich. Eine Verlängerung der Bedienungsschnecke mittels einer Kunststoffachse passenden Durchmessers geht auch.
- Das Ganze sollte gut isoliert in ein Metallgehäuse eingebaut werden, dessen Einzelteile alle untereinander elektrisch leitend verbunden sind. Das Metallgehäuse wird geerdet bzw. auf das Potential der Abschirmung des Speisekabels gelegt.
- Speziell die Frontplatte muss unbedingt aus Metall sein andernfalls macht sich beim Bedienen der Einstellknöpfe die Handkapazität bemerkbar. Jedes Mal wenn man meint man hätte nun den optimalen Einstellpunkt erreicht und die Hand wegzieht verschiebt sich alles und man beginnt von neuem.



**ACHTUNG:**

**Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.**

### 3.1.7 Automatische Antennenkoppler

Automatische Antennenkoppler sind eine schöne Sache. Sie arbeiten genau wie ein manueller Antennenkoppler, einfach automatisch. Dank dem automatischen Betrieb können automatische Antennenkoppler dort platziert werden wo sie die beste Wirkung zeigen, nämlich am Einspeisepunkt der Antenne. Die beiden nachstehenden Bilder zeigen einen automatischen Antennenkoppler der US Firma SGC



Es gibt zwar automatische Koppler die mit motorgetriebenen Drehkos arbeiten. Im allgemeinen sind jedoch bei automatischen Kopplern die Induktivitäten und Kapazitäten nach dem Binärprinzip in Festwerte aufgeteilt, die mittels Relais umgeschaltet werden. Eine Schaltung misst laufend das SWR und nimmt die Relaiseinstellungen vor. Gute automatische Antennenkoppler speichern für jede Frequenz den einmal gefundenen Abstimmwert.

Die Abstimmung wird mit reduzierter Ausgangsleistung durchgeführt.

Automatische Antennenkoppler können alles was ein manueller Antennenkoppler auch kann und damit hat sich's. Unmögliches macht auch ein automatischer Antennenkoppler nicht möglich.



**ACHTUNG:**

**Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.**

Dies bedeutet, dass die Drahtlänge der Antenne auf keinem Band  $\lambda/2$  oder ein Vielfaches davon betragen darf.

Etwas das öfters vergessen wird:

Automatische Antennenkoppler eignen sich sehr gut zur Anpassung von unsymmetrischen Antennen, d.h. Antennen, die nicht wie ein Dipol symmetrisch aufgebaut sind, sondern aus einem simplen Antennendraht irgendwelcher Länge bestehen. Damit eine solche Antenne überhaupt funktionieren kann muss der Antennenkoppler geerdet werden. In solchen Fällen muss man sich immer vor Augen halten, dass die **Erdleitung** vom Koppler bis zu dem Punkt wo der Erdleiter in die Erde übergeht **ein Teil der Antenne ist und strahlt**.

Wenn man dies nicht berücksichtigt und „das Erden“ vergisst, dann ist Zoff vorprogrammiert. Die HF Energie sucht sich dann einen anderen Ausweg und der Erdfeld wird dann mit grösster Wahrscheinlichkeit über den Mantel des Speisekabels realisiert. Man hat dann „vagabundierende HF“ im Haus, mit allen Konsequenzen.



**Vor dem Kauf abklären:**

Etwas was man beim Kauf von automatischen Antennenkopplern immer vor dem Kauf prüfen sollte ist die „wahre“ Leistung die der Koppler in Wirklichkeit erträgt.

Vor einiger Zeit hat mich ein befreundeter OM kontaktiert bezüglich der Anschaffung eines automatischen Antennenkopplers. Er übermittelte mir den Hersteller und die Typenbezeichnung des Gerätes. Seine Frage war: Ist dieser Antennenkoppler empfehlenswert? Was ist meine Meinung dazu?

Anhand der Inserate in der Fachpresse sah alles gut aus, der Antennenkoppler wurde als 100 W Koppler angepriesen.

Da ich den betreffenden Koppler nicht kannte suchte ich als erstes Informationen dazu im Internet. Auf der Homepage des Hersteller konnte ich alle Unterlagen herunterladen, also technische Daten, Manual, etc.

Bei der Durchsicht der technischen Daten kam dann das AHA-Erlebnis. Unter der Rubrik „Leistung“ stand geschrieben:

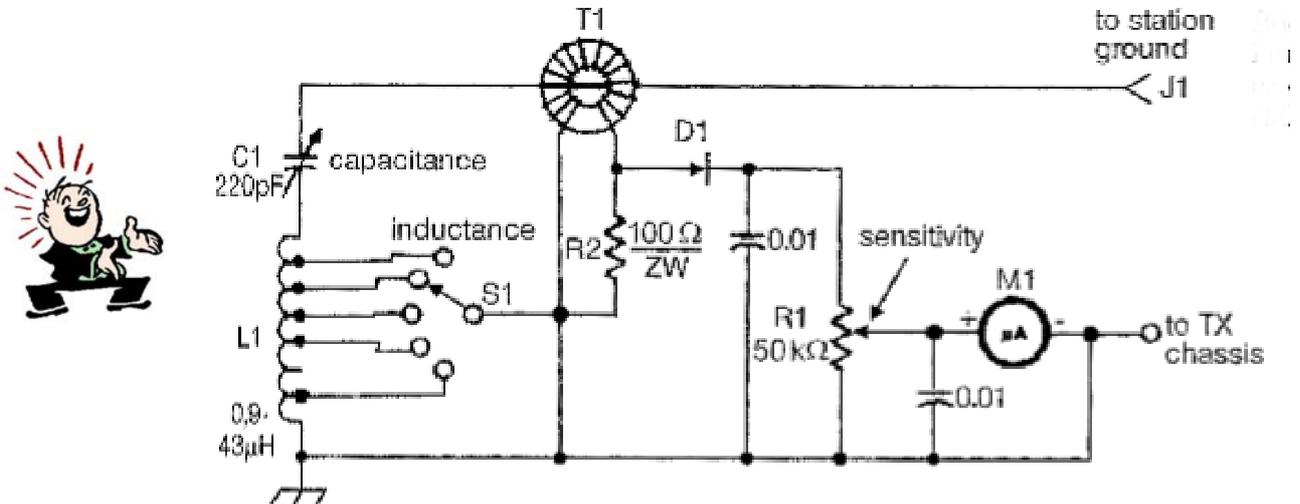
SSB = max. 100 W PEP  
CW = max. 40 W

Ich weiss, nicht alle OM's interessieren sich für die Betriebsart CW. Auch wenn man sich mit den Morsezeichen nicht sonderlich anfreunden kann sollte man doch nicht vergessen, dass diverse digitale Betriebsarten ebenfalls mit voller Leistung arbeiten. Während man bei CW noch von einem Tast/Pause-Verhältnis von 50 % ausgehen kann, liegt z.B. bei RTTY die volle Leistung während 100 % der Sendezeit an.

Meine Bemerkung bedeutet nicht, dass ein solcher automatischer Antennenkoppler à priori schlecht sei. Wenn man seine Limiten kennt und ihn entsprechend einsetzt kann dies ein sehr guter Koppler sein. Nur, man muss eben die Randbedingungen kennen unter denen man den Antennenkoppler betreiben muss.

Keiner sieht gerne seinen teuer gekauften Antennenkoppler in Rauch aufgehen weil er die angepriesenen 100 W wörtlich nimmt und den Koppler mit zuviel Leistung beaufschlagt.

## 3.2 Erdleitungskoppler



Zu diesem Gerät sagt Rothammels Antennenbuch:

Der Erdleitungs-Koppler, auch als „künstliche Erde“ bezeichnet, ergänzt die Erdleitung oder ein Gegengewicht zu einem abstimmbaren Serienschwingkreis. Während bei symmetrisch gespeisten Antennen (Dipole) die HF-Erde keine Rolle spielt ist dies bei endgespeisten Antennen oder bei end- oder asymmetrisch gespeisten Dipolen (z.B. FD4) von Bedeutung. Wer in einer modernen Wohnung wohnt, wo die Heizungsrohre und Wasserleitungsrohre teilweise aus Kunststoff sind und der Weg zu einem Erdanschluss sehr weit ist, der hat ernsthafte Probleme seine Station HF-mässig zu erden.

Mit dem Erdleitungs-Koppler kann man nun ein Stück Draht beliebiger Länge oder eine Verbindung zu einer entfernten Erde (Wasserleitung, Zentralheizung oder Hilfserder) auf Resonanz (Serienresonanz) abstimmen. Dazu wird die Masse des Erdleitungskopplers mit der Masse des Transceivers bzw. mit der Masse der Matchbox (Antennenkoppler) verbunden und der isolierte Anschluss am Erdleitungskoppler wird mit der abzustimmenden (Erd)-Leitung verbunden. Ein beliebig langer isolierter Draht wird so zu einem elektrisch  $\lambda/4$  langen Gegengewicht.

Wie das obige Schema zeigt handelt es sich um eine Serieschaltung einer Spule und eines Drehkondensators. Diese bilden zusammen mit der ebenfalls in Serie geschalteten (Erd)-Leitung einen Serienschwingkreis den man so abstimmt dass man den höchsten Strom in der „Erdleitung“ erhält. Als Abstimmhilfe dient das Messinstrument M1. Dieses erhält seine Information über den Stromwandler T1. T1 misst den Strom in der Erdleitung und erzeugt daraus über R2 eine äquivalente Spannung. Diese wird durch die Diode D1 gleichgerichtet und über das Potentiometer R1 dem Instrument zugeführt. Das Potentiometer R1 dient der Empfindlichkeitseinstellung.

In der Praxis wird der Drehkondensator C1 in die Mittelstellung gebracht. Dann wird eine kleine Leistung auf den Sender gegeben und es werden die Spulenanzapfungen durchgeführt bis man die Stellung findet die am Instrument M1 den grössten Ausschlag erzeugt. Dann dreht man den Drehkondensator C1 in die Stellung die den höchsten Ausschlag am Instrument M1 erzeugt. So hat man die Erdleitung auf die betreffende Sendefrequenz abgestimmt. Bei grösseren Frequenzänderungen oder bei Bandwechsel muss natürlich der Erdleitungskoppler neu abgestimmt werden.

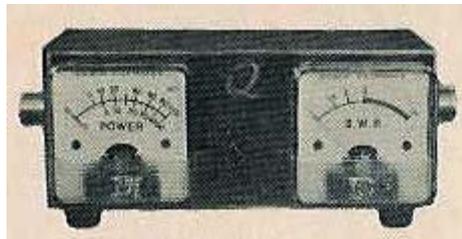
Aufgrund seiner Einfachheit ist der Erdleitungskoppler ebenfalls ein sehr lohnendes Selbstbauprojekt. Ein Erdleitungskoppler hat schon manchem OM mit „heissem Shack“ zu ungestörten Funkfreuden verholfen. Wer öfters von provisorischen Standorten QRV ist (z.B. Hotels, Ferienwohnungen etc) dem sei ebenfalls der Erdleitungskoppler bestens empfohlen. An provisorischen QTH sollte man ja im allgemeinen keine permanenten Installationen und Veränderungen vornehmen. Der Erdleitungskoppler hilft in solchen Fällen ein oder mehrere provisorisch ausgelegt Drähte so abzustimmen, dass sie als Gegengewicht arbeiten.

### 3.3 SWR-Meter

Jeder OM kennt sie, die SWR Meter. Sie zeigen das Stehwellenverhältnis (SWR = standing wave ratio) an. SWR Meter gibt es in den verschiedensten Ausführungen:



Ein SWR Meter mit einem Instrument und abgesetztem Sensorkopf. Der Nachteil der 1-Instrument Variante ist die Tatsache, dass zwischen Vor- und Rückwärtsleistung umgeschaltet werden muss. Dies macht Abstimmvorgänge etwas mühsam.



Dieses SWR Meter verfügt über 2 Instrument, d.h. man kann gleichzeitig sowohl die Vorwärts- wie auch die Rückwärtsleistung beobachten. Dies erleichtert das Abstimmen mittels einem manuellen Antennenkoppler ungemein.



Dieses Instrument ist ein sog. Kreuzzeigerinstrument. Die linke Skala zeigt die Vorwärtsleistung, die rechte Skala die Rückwärtsleistung.

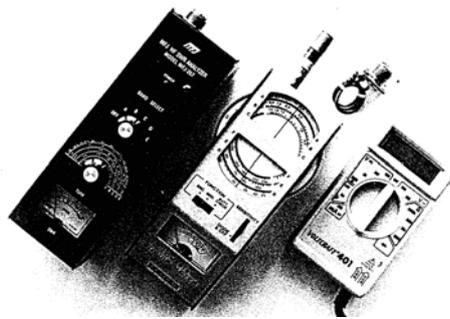
Dieser Instrumententyp ist mein Favorit. Ich besitze ein Exemplar das 3 verschiedene Messbereiche aufweist:

- 0 – max. 15 W (gut zum Abstimmen)
- 0 – max. 150 W (mit 100 W TRX)
- 0 – max. 1500 W (für QRO Betrieb)

## 3.4 Messinstrumente für den Antennenbau

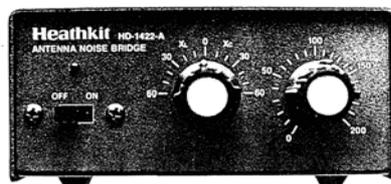
Man kann zwar KW-Antennen auch ohne Messgeräte bauen, aber dies gleicht einem Blindflug. KW-Antennen sollte man nie sklavisch nachbauen. Ich bin persönlich davon überzeugt, dass die Werte die in einem Antennenbuch oder einem Antennenartikel angegeben werden im QTH des Verfassers gestimmt haben. Die Ideen hinter den beschriebenen Antennen sowie die Größenordnung der gemachten Längenangaben stimmen. Es ist das „Fine-Tuning“ das jeder an seinem QTH selbst vornehmen muss. Deshalb Regel 5 = „Drahtlänge + 5 %“. Man ist dann auf der sicheren Seite, die Resonanzfrequenz wird am Anfang immer zu tief sein. Und dann geht das „Fine-Tuning“ los und zwar solange bis die Antenne am eigenen Standort auf der richtigen Frequenz Resonanz aufweist.

Für den Abgleichvorgang (Fine Tuning) am eigenen Standort benötigt man ein Minimum an Messinstrumenten. Dafür kommen in Frage:



Von links nach rechts:

- SWR Analysator (einfache Ausführung mit durchgehendem Oszillator und 1 Instrument das das SWR anzeigt.
- Grid-Dip Meter
- Vielfachinstrument



- Rauschbrücke zur Bestimmung der Impedanz aufgeteilt nach Realanteil und Imaginäranteil



- SWR Meter

### 3.4.1 Grid-Dip Meter

Das Grid-Dip Meter ist neben dem Volt- und Ampere-Meter eines der ältesten Instrumente im Amateurfunk überhaupt. Es handelt sich dabei um einen einfachen Oszillator dessen Bereich sich durch Steckspulen umschalten lässt. Der gesamte Bereich umfasst meistens

1.5 MHz bis ca. 160 MHz. Wenn man an der Steckspule induktiv einen Schwingkreis oder sonst etwas das eine klare Resonanz hat (und dazu gehören auch Antennen) ankoppelt, dann ergibt sich bei Übereinstimmung der Frequenz des Grid-Dippers und des Prüflings am Instrument des Grid-Dippers ein sog. „Dip“, d.h. ein Ausschlag nach unten. Früher war der Grid-Dipper das einzige dem Budget eines Funkamateurs angepasste Instrument, das Messungen ausserhalb des Bereiches des eigenen Senders (d.h. ausserhalb der Amateurbänder) erlaubte. Der Pferdefuss dieses Instrumentes ist die sehr rudimentäre Frequenzableitung und „Dips“ die bisweilen recht breit sind. Das kHz-genaue Trimmen einer Antenne ist damit fast unmöglich.

### 3.4.2 Vielfach-Instrument

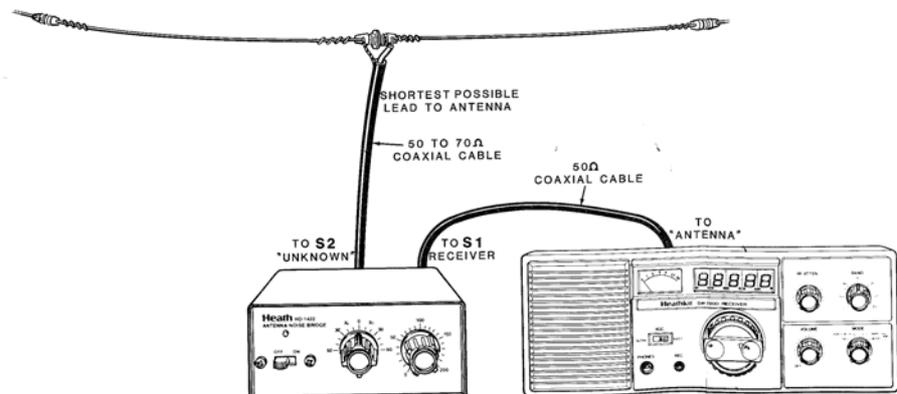


Was soll denn ein Vielfach-Instrument beim Antennenbau? Die Erfahrung zeigt, dass ab und zu mysteriöse Zustände eintreten die weit weg sind von dem was man eigentlich erwartet.

Es ist in solchen Fällen nicht schlecht zuerst einmal einige simple Plausibilitätsprüfungen vorzunehmen, z.B. hat das Antennenkabel überhaupt Durchgang oder ist ein Stecker versauert, etc.

### 3.4.3 Rauschbrücke

Das nächste Instrument nach dem Grid-Dip Meter, das dem Amateur für Antennenmessungen zur Verfügung stand, ist die Rauschbrücke. Ein beliebtes Selbstbauprojekt war jeweils die Rauschbrücke von Heathkit. Die Rauschbrücke wird zwischen RX und Antenne eingeschleuft. Mit den beiden Drehknöpfen für R (Realanteil) und X (Imaginäranteil) wird die Rauschbrücke auf minimales Rauschen abgeglichen. Die Werte für R und  $X_L / X_C$  lassen sich mit hinreichender Genauigkeit direkt ablesen. Zugegeben die Handhabung mutet im Vergleich mit modernen Antennenanalysatoren zwar etwas umständlich an, aber es funktioniert. Einer der Vorteile der Rauschbrücke besteht darin, dass man nicht nur den Resonanzpunkt feststellen kann, sondern auch noch bei beliebigen Frequenzen die Werte für R und X mit für Amateurzwecke genügender Genauigkeit feststellen und ablesen kann.



### 3.4.4 SWR Analysator



Der SWR Analysator ist für alle die gerne mit Antennen experimentieren eine lohnende Investition. Ich selbst verwende einen MFJ-269 der ersten Generation, der noch nicht alles kann was die heutigen Ausführungen direkt anzeigen. Es gibt auch andere Instrumente verschiedener Hersteller die alle etwa dasselbe können. Die Instrumente verfügen alle über einen durchgehenden Oszillator der bei etwa 1.7 MHz beginnt und bei etwa 160 MHz endet. Die neuesten MFJ Geräte haben separat sogar noch das 70 cm Band vorgesehen. Der Oszillator ist zwar nicht besonders stabil, das spielt aber keine Rolle, da ein eingebauter Counter (Frequenzzähler) die eingestellte Frequenz mit der nötigen Präzision anzeigt. Ein kleines Zeigerinstrument zeigt das SWR an. Man sieht beim Durchdrehen des Oszillators sofort bei welchen Frequenzen eine Antenne Resonanz aufweist..

Dort zeigt das Instrument einen „Dip“ (Aus Schlag nach unten). Ein zweites Zeigerinstrument zeigt die Impedanz in „Ohm“. Der Wert ist zwar die komplexe Impedanz, aber mit ein bisschen Übung sieht man sofort ob die Antenne bei der Resonanzfrequenz „induktiv“ oder „kapazitiv“ ist. Die modernen Versionen dieser Instrument zeigen sogar den komplexen Wert aufgeteilt in R und  $X_L / X_C$ .

Mit dem Instrument lassen sich noch eine Vielzahl anderer Messungen durchführen. Dies beginnt beim Ausmessen eines Baluns und endet damit, dass man die Länge einer Rolle Koaxialkabel bestimmen kann, ohne dass man das Kabel abrollt und nachmisst. Dazwischen liegen unzählige Anwendungsmöglichkeiten.

Der eingebaute Frequenzzähler kann auch separat als „Counter“ benützt werden und erspart einem so gleich noch die Anschaffung eines weiteren teuren Messgerätes.



Für mich selbst ist dieses Instrument eines der wichtigsten Instrumente im Zusammenhang mit Amateurfunk geworden.

## 3.5 Antennenstrom-Messung

Speziell wenn man sich der Hilfe von Antennenkopplern bedient besteht die Gefahr, dass man einer „Kamikaze“-Einstellung des Antennenkopplers auf den Leim geht. Das sind Einstellungen, die zwar in Richtung Transceiver ein perfektes SWR vortäuschen, aber in Richtung Antenne ist nichts los. Die gesamte Leistung wird im Innern des Antennenkopplers verbraten. Im Extremfall zerstört sich dabei der Antennenkoppler selbst. Dies lässt sich vermeiden indem man die Ausgangsleistung, die auf die Antenne geht, überwacht. Dies kann durch ein weiteres SWR Meter in der Zuleitung zwischen Antennenkoppler und Antenne geschehen. Genau so gut kann man auch eine Antennenstrom-Messung mittels eines HF-Amperemeters durchführen. HF-Amperemeter arbeiten auf der Basis von Hitzdrahtinstrumenten oder mittels Thermoumformern. Früher, zur Zeit der Glühtransistoren, besass fast jede kommerzielle Funkstation ein Antennenstrom-Instrument. Damit wurde auf grösstmöglichen Ausschlag abgestimmt. Aus Erfahrung wusste man, dass auf gewissen Frequenzen der Ausschlag „klitzeklein“ war oder „wahnsinnig hoch“. Dies hing von den Antennenlängen ab, d.h. ob das Instrument sich bei der betreffenden Frequenz gerade in einem Spannungsbauch oder in einem Strombauch befand. Die HF-Amperemeter sind zwar etwas aus der Mode geraten, praktisch sind sie aber trotzdem, denn es gilt immer noch:



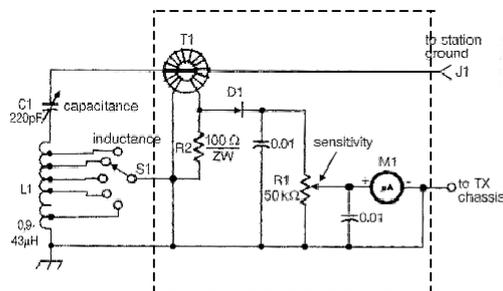
**Grösster Antennenstrom = beste Antennenabstimmung !**



Wenn man am Antennenbasteln ist, dann gibt es noch eine „Primitiv-Lösung“, nämlich das gute alte Velo-Lämpchen. Ich habe immer eine kleine Fassung mit einem Taschenlampen- oder Velo-Lämpchen zur Hand. Dieses kann ich dann irgendwo in die Antenne einschlaufen. Dann vorsichtig mit kleiner Leistung auf grösste Helligkeit abstimmen.

Wenn man mal zuviel Leistung erwischt, ja ... das wär's dann !

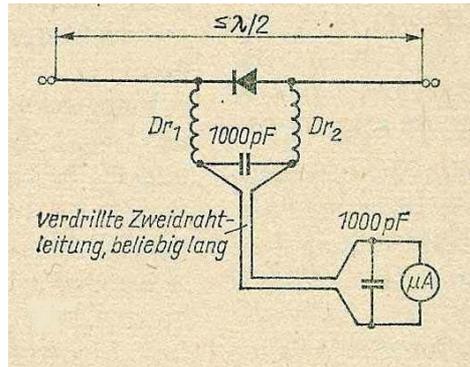
Es empfiehlt sich immer einige Reservelämpchen zur Hand zu haben.



Die Herstellung eines HF Ampere-meters ist auch ein lohnendes Selbstbauprojekt. Dazu greift man auf die unter 3.2 Erdleitungskoppler gezeigte Schaltung zurück. Man stellt dabei lediglich den in der gestrichelten Box gezeigten Teil der Schaltung her. Da es beim Abstimmen einer Antenne lediglich um den Höchstwert geht handelt es sich um eine Relativanzeige. Eine Eichung ist deshalb nicht notwendig.

Eine weitere Möglichkeit festzustellen wann der höchste Antennenstrom fliesst besteht in der Verwendung eines Feldstärkezeigers. Auch dies ist eine Uralt-Methode die vorzüglich funktioniert. Ich selbst habe während Jahren einen solchen Feldstärkezeiger in Betrieb

gehabt. Auf dem Dach habe ich in der Nähe der Sendeantenne etwa 2 x 2 m Draht aus-



gespannt. Die Ableitung, die in nebenstehendem Schema als verdrehte Zweidrahtleitung bezeichnet wird, bestand bei mir aus einem abgessenen RG-58 Koax-Kabel. Für HF hat es nicht mehr getaugt, zur Ableitung der wenigen  $\mu\text{A}$  Gleichstrom war es immer noch brauchbar. Beim Instrument im Shack war noch ein Potentiometer eingefügt, um die Empfindlichkeit des Feldstärkezeigers einstellen zu können.

Höchster Ausschlag = beste Abstimmung!

## 3.6 Antennen-Umschalter

Antennen-Umschalter sind eine praktische Sache wenn man über mehrere Antennen verfügt. Es gibt sie in verschiedenen Ausführungen.



Das obige Bild zeigt einen typischen käuflichen Antennenumschalter für manuellen Betrieb. Dieser Umschalter ist zur Verwendung im Shack bestimmt. Bei guten Fabrikaten sind die jeweils nicht „aktiv“ geschalteten Antennen kurzgeschlossen und an Erde gelegt. Das Innenleben selbst ist keine Hexerei.

Wer sich Betrieb auf VHF / UHF gewöhnt ist, weiss das HF nicht gerne „um die Ecke geht“. Wir behandeln hier aber KW-Antennen und da ist die Sache nur noch halb so schlimm. Die Schalter bewähren sich in der Praxis und die SWR Verschlechterung wegen des Umschalters ist bei Produkten „guter“ Hersteller vernachlässigbar.

Öfters hat man jedoch das Problem, dass man eine Antenne fernschalten möchte, also den Antennen-Umschalter irgendwo an einem unzugänglichen Ort platzieren möchte.

Solche Fälle lassen sich mit geeigneten Umschaltrelais lösen. Das nächste Bild zeigt Relais die für die Umschaltung von Antennen geeignet sind:

## Rund um die Antenne

### Teil 3: Antennenkoppler, SWR-Meter, Instrumente, Baluns

---



Bei beiden Relais gehen die Kontaktsätze gerade durch, dies sind beste Voraussetzungen zum Umschalten von Antennen.

Das Relais links hat den Vorteil, dass es Hochspannungsfest ist. Es erträgt also sehr hohe Spannungen ohne durchzuschlagen. Dafür muss man in Kauf nehmen, dass die Kontaktsätze ab und zu einmal gereinigt werden müssen. Mit der Zeit setzt sich ein chemischer Film an den man mit reinem Alkohol oder Reinbenzin wieder entfernen muss. Sonst kann es vorkommen, dass die Hörfähigkeit leidet. Im Empfangsfall müssen bekanntlich kleinste Spannungen ( $U = < 1 \mu\text{V}$ ) übertragen werden. Das rechts gezeigte Relais ist zwar nicht unbedingt Hochspannungsfest, dafür ist es als Antennenumschaltrelais konzipiert. Es stammt aus US-Funkgeräten aus dem 2. Weltkrieg, sog. Surplus Ware bester Qualität. Für die Umschaltung von Signalen wie sie auf Koaxialkabeln auftreten sind die Kontaktsätze von der Spannungsfestigkeit her alleweil gut.

Eine andere Möglichkeit Antennen umzuschalten ist die Verwendung von Starkstrom-Schützen. Ich habe schon vor vielen Jahren begonnen Starkstromschütze einzusetzen vor allem wenn es darum geht eine nicht benötigte Antenne zu erden und zwar gleich am Mast oder auf dem Dach. Da ist ja bekanntlich immer ein Blitzschutzdraht vorhanden (... oder etwa nicht ??? ). Wenn man die Antenne im ausgeschalteten Zustand mit der Blitzschutz-erde verbindet hat man etwas für die eigene Sicherheit getan. Gegen einen direkten Blitzschlag hilft zwar auch das nicht, Überspannungen, die von Nebenästen des Blitzes herrühren, wurden bisher immer abgeleitet ohne Schaden anzurichten.

Heute verwende ich Starkstrom-Schützen auch zur Umschaltung von Antennen oder auch Anpassnetzwerken.

Das nächste Bild zeigt verschiedene Ausführungen solcher Starkstrom-Schützen:



Den meisten Starkstromschützen ist gemeinsam, dass die Kontaktsätze gerade durchgehen. Dies ist eine gute Lösung zum verlustfreien Umschalten von Antennen. Starkstrom-

Schützen werden in der Starkstrom-Technik zum Schalten grosser Lasten (z.B. Motoren) eingesetzt. Man kann sie neu kaufen oder man findet sie häufig da wo Elektroanlagen abgebrochen werden. Für unseren Zweck gilt das Motto:

### **Je älter desto Porzellaniger !**

Bei alten Schützen wurde nur wenig Kunststoff eingesetzt, sondern alles was isolieren musste war in Porzellan gefertigt. Die Dinger verfügten über eine, aus der Sicht des Funkamateurs gesehen, absolut verlustfreie Isolation.

Im übrigen sind die Kontaktsätze „massiv“ ausgelegt, es ging ja darum hohe Stromstärken zu schalten.



Die Erregerspulen sind meistens für 220 / 230 V AC ausgelegt, man kann sie also direkt mit der Netzspannung schalten. Hier sind dann die entsprechenden Sicherheitsvorschriften zu beachten. Die kennt ja jeder ... oder etwa nicht ?

Das Schlimmste was sich bei mir einmal ereignet hat war folgendes.

Ich habe so einen Starkstrom-Schütz zum Erden der Antenne auf dem Dach in einer zwar wasserdichten, aber nicht luftdichten Kunststoffbox, eingebaut. Nach vielen Jahren Betrieb passierte es mir einmal Nachts, als ich die Antenne einschaltete, dass ein „mordsmässiges“ Brummen auf dem Dach zu hören war. Was war geschehen. Durch Luftfeuchtigkeit (Nebel etc.) hatte sich im Luftspalt zwischen dem festen und dem beweglichen Teil des Ankers Rost angesetzt. Plötzlich war soviel Rost da, dass der Anker nicht mehr voll schliessen konnte und das Ding hat gebrummt dass es Gott erbarmt. Eine grosse Zerlegung und Reinigung des Luftspalts mit Schmirgeltuch hat den Schaden behoben und der Schütz arbeitet heute wieder einwandfrei.

## **3.7 Baluns**

### **3.7.1 Balun oder nicht ?**



Seit vielen Jahren geistert in der Amateurfunkliteratur folgende Geschichte herum:

#### **Ein Dipol ohne Balun schieft !**

Es soll sogar einmal jemanden gelungen sein diesen Tatbestand nachzuweisen. Es soll sich allerdings um ein Dipolmodell für sehr hohe Frequenzen gehandelt haben das in einer speziellen reflektionsfreien Kammer ausgemessen wurde. Nehmen wir also an der Sachverhalt stimme tatsächlich.

Wir beschäftigen uns hier mit KW Antennen. In der Praxis gibt es so viele Einflüsse auf die Antenne dass das „Schielen“ einer Antenne kaum einmal jemanden aufgefallen ist. Ich selbst habe Antennen mit und ohne Balun betrieben, ohne dass ich je das Gefühl hatte eine saubere Antenne (also eine Antenne die keine Mantelströme verursacht) verhalte sich mit oder ohne Balun anders. Es kann höchstens vorkommen, dass man einen schlechten Balun erwischt und dann ist der Betrieb „ohne Balun“ eindeutig dem Betrieb „mit Balun“ vorzuziehen.

Es gibt gute Gründe die den Einbau eines Baluns sinnvoll erscheinen lassen:

- **Symmetrie am Speisepunkt** mittels Spannungsbalun oder Strombalun

- **Unterdrückung von Mantelwellen.**  
Ein Fall für den Strombalun alias Mantelwellensperre
- **Impedanz am Speisepunkt anpassen**  
z.B. Balun 50 / 200  $\Omega$  oder 50 / 450  $\Omega$ . Häufig handelt es sich dabei nicht um einen Balun im Sinne von „balanced/unbalanced“ sondern um einen UNUN (= unbalanced/unbalanced), d.h. um einen Impedanzwandler, meist in der Form eines Spartransformators.
- **Beide Schenkel der Antenne galvanisch mit der Erde zu verbinden.**  
Dies dient dazu Statik abzuleiten. Spannungsbaluns erfüllen diese Aufgabe. Allerdings gibt es auch andere Mittel, wie z.B. ein hochohmiger Widerstand, die denselben Zweck erfüllen

Wenn man schon einen Balun verwendet, dann würde ich empfehlen ein kommerziell erhältliches Produkt zu verwenden. Es gibt eine ganze Industrie die davon lebt die Funkamateure vom Wert des Baluns zu überzeugen und diese Produkte zu verkaufen.

Man kann Baluns zwar selbst bauen, man findet in der Literatur genügend Hinweise wie man das macht. Wenn man aber alles rechnet, vom speziellen Teflon-isolierten Draht bis zum wasserdichten Gehäuse, dann ist der Aufwand doch beträchtlich.

Wer sich für Baluns und deren Anwendung interessiert dem sei das Buch „Transmission Line Transformers“ von Jerry Sevick, W2FMI, bestens empfohlen. Darin beschreibt der Autor eine unübersehbare Fülle von Anwendungen für Breitbandübertrager zur Impedanzanpassung. Korrekterweise betitelt er sein Buch nicht als „Balun Buch“ sondern als Buch über „Transmission Line Transformers“ also Transformatoren zur Anpassung von Speiseleitungen.

### 3.7.2 Wie erkenne ich einen schlechten Balun ?



Die Qualität eines Baluns wird häufig dadurch beurteilt, indem man den Balun mit einem seiner Ausgangsimpedanz entsprechenden induktionsfreien Widerstand (Kohlewiderstand) abschliesst und dann mit einem SWR-Analysator (Antenna Analyzer) die SWR Kurve aufnimmt. Diese Messung ist gut und recht. Sie zeigt grundlegende Fehler eines Baluns schonungslos auf. Was diese Messung jedoch nicht zeigt ist das Verhalten des Baluns unter Last. Da der SWR Analysator Leistungen im mW Bereich verwendet wird durch diese Messung der Kern des Baluns nie gefordert. Allfällige Überlastung des Kerns (Sättigung) wie sie bei voller Sendeleistung evtl. auftreten kann wird so nicht nachgewiesen.

Die beiden folgenden Messmethoden sind etwas aufwendiger, aber die Ergebnisse sind aussagekräftiger:

#### **Methode 1: Vergleichsmessung mit und ohne Leistung**

Diese sehr aussagekräftige Messung kann sehr einfach vom Shack aus durchgeführt werden.

- Die Antenne samt installiertem Balun wird zuerst mit einem SWR Analysator gemessen. Dabei ist praktisch keine Leistung im Spiel. Die SWR Werte, die man auf den verschiedenen interessierenden Bändern findet, werden notiert. Je nach Band macht man alle 25 kHz oder alle 50 kHz eine Messung.
- Anschliessend wird die gleiche Messung mit voller Leistung wiederholt. Die Werte werden ebenfalls notiert.
- Auch wenn zuerst der SWR Analysator und anschliessend das SWR Meter an der derselben Stelle ins Kabel eingeschlaucht werden ist es nicht zwingend, dass die

## Rund um die Antenne

### Teil 3: Antennenkoppler, SWR-Meter, Instrumente, Baluns

Resultate genau gleich sind. Instrumente die preislich den Vorstellungen von Funkamateuren entsprechen sind nicht unbedingt Präzisionsinstrumente. Bei SWR Anzeigern sind Abweichungen in der Grössenordnung von 10 % durchwegs „normal“. Daran soll man sich nicht stören.

Wenn die Werte jedoch **dramatisch** voneinander abweichen, dann darf man annehmen, dass mit dem Balun etwas nicht stimmt.

#### Methode 2: Messung ohne und mit Balun

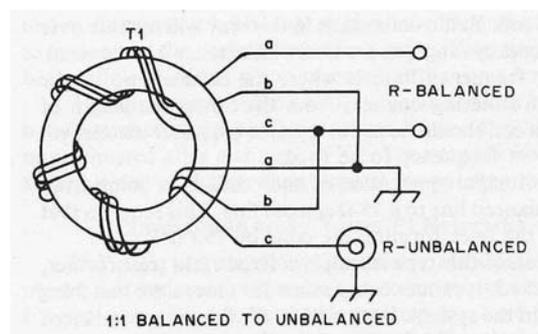
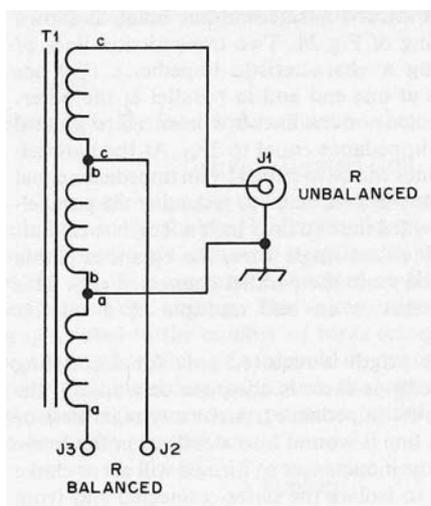
Dies ist ebenfalls eine sehr aussagekräftige Messung. Es bedeutet allerdings, dass man die Antenne zwischen den Messungen „runterlässt“. Sie ist auch nur sinnvoll bei einem 1:1 Balun.

- Zuerst speist man die Antenne direkt mit Koaxial-Kabel, also ohne Balun. Man führt die SWR Messungen auf den interessierenden Bändern mit voller Leistung durch. Man notiert sich die gefundenen SWR Werte je nach Band in Intervallen von 10 kHz, 20 kHz oder 25 kHz. Man nimmt so eine SWR Kurve über das ganze Band auf. Da kein Balun im Spiel ist erhält man so die „echte“ SWR Kurve.
- Nun wird der vorgesehene Balun montiert. Und die Messungen werden nach genau demselben Schema wiederholt und zwar am zweckmässigsten ebenfalls mit „voller Leistung“. Man vergleicht nun die beiden SWR Kurven.

Wenn die beiden SWR Kurven einigermaßen übereinstimmen dann kann man davon ausgehen, dass der Balun i.O. ist. Sollten jedoch die Messungen zeigen, dass bei montiertem Balun die SWR Kurve besser (sprich breiter) wird dann kann man davon ausgehen, dass mit dem Balun etwas nicht stimmt. Dieses Verhalten deutet auf eine dramatische Überlastung des Kernmaterials hin.

Es ist ein Glück, dass die meisten Baluns an Orten montiert sind an denen man nicht so einfach den Wärmetest machen kann indem man das Balun-Gehäuse berührt. Hier würde mancher OM zu seinem Aha-Erlebnis kommen. Manche ach so schöne Bandbreite einer Antenne ist nur dank der gütigen Mithilfe eines überlasteten Balun Kerns zustande gekommen.

### 3.7.3 Spannungsbalun



Definition eines Spannungsbaluns:

- Die Aufgabe eines Spannungsbaluns ist es an den Ausgangsklemmen, bezogen auf das Erdpotential, gleiche Spannungen zu erzeugen.

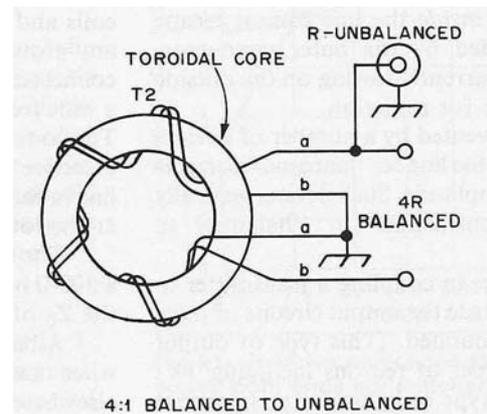
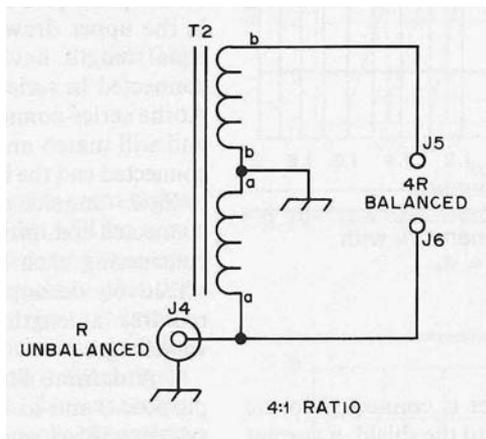
Als Konsequenz daraus ergibt es sich, dass die Ströme in den beiden Leitern nicht unbedingt gleich sein müssen.

Trotzdem am Antennenspeisepunkt ein Spannungsbalun eingefügt ist heisst das noch lange nicht, dass auf der Abschirmung des Speisekabels keine Mantelwellen auftreten können.

Die beiden oben gezeigten Bilder zeigen das Schema und den Aufbau eines klassischen Spannungsbaluns mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1. Eine andere Variante eines Spannungsbaluns zeigen die beiden untenstehenden Bilder. Diesmal handelt es sich um einen Spannungsbalun der zugleich eine Impedanztransformation im Verhältnis 1:4 vornimmt. Der Volksmund bezeichnet diese Art Balun als einen 50 / 200  $\Omega$  Balun. Diese Aussage ist nicht einmal falsch. Allerdings trifft sie nur zu wenn Antennenseitig wirklich eine Impedanz von 200  $\Omega$  vorliegt. Innerhalb eines beschränkten Impedanzbereiches erfolgt tatsächlich eine Transformation im Verhältnis 1:4. Sobald allerdings die Werte allzu weit vom Sollwert abweichen oder wenn grosse Reaktanzwerte auftreten, dann ist der Ringkern bald einmal überfordert und geht in die Sättigung. Der Kern wird heiss.

Grundsätzlich gilt:

- Spannungsbaluns sind immer mit grösster Vorsicht zu geniessen.
- Trotz Spannungsbalun können Mantelwellen auf der Speiseleitung auftreten
- Auf Kerngrösse achten. Lieber einen Balun kaufen der leistungsmässig überdimensioniert ist. Der Kern dankt's.



## 3.7.4 Strombalun alias Mantelwellensperre

Im allgemeinen sind Funkamateure sehr „Balun-gläubig“. Der gewiefte Verkäufer gibt deshalb allen möglichen Hilfsmitteln den Namen „Balun“. Im englischen Sprachraum findet man häufig Kästchen angeboten die Bezeichnung „Current Balun“ tragen, was auf deutsch „Strombalun“ heisst. Dies im Gegensatz zum normalen Balun den man im allgemeinen in der technischen Literatur auch als „Voltage Balun“ bezeichnet.

Definition eines Strombaluns:



- Die Aufgabe eines Strombaluns ist es an den Ausgangsklemmen gleiche Ströme zu erzeugen. Als Konsequenz kann die Ausgangsspannung, die an den Ausgangsklemmen gegen Erde anliegt, irgendeinen Wert anzunehmen der notwendig ist um die Stromsymmetrie zu gewährleisten.

Beim „Current Balun“ handelt es sich gleichzeitig auch um eine Mantelwellensperre. Bevor wir uns über die Mantelwellensperre unterhalten müssen wir zuerst den Begriff „Mantelwelle“ definieren und erklären.

Jedem OM der sich schon länger mit Amateurfunk befasst ist es in seiner Karriere schon passiert, dass er im Shack „ein heisses“ Kabel hatte, d.h. ein mit HF verseuchtes Koaxialkabel. Dies äussert sich in allerlei unschönen Phänomenen.

In der Vergangenheit, als alle Gehäuse der Geräte und sogar die Mikrophone aus Metall bestanden, hat man allfällige HF im Shack an den Händen gespürt oder sogar an den Lippen, wenn man das Mikrophon zu nahe an den Mund heranzuführte. Heute ist es im allgemeinen die hochgezüchtete Elektronik an den Geräten, die unter dem Einfluss der HF Einstreuung verrückt spielt. Bei gewissen Geräten kann dies bis zum „es geht nix mehr“ führen.

In den Kreisen der OM's hält sich hartnäckig die Meinung HF Einstreuungen im Shack seien auf „Antennen mit schlechtem SWR“ zurückzuführen. Man begründet das mit der Tatsache, dass man am SWR-Meter ein schlechtes SWR abliest. Ein so hohes SWR stelle eine Fehlanpassung der Antenne dar und dies müsse ja zwangsläufig zu HF im Shack führen.

### **Tatsache ist:**

Ein Antennensystem (Antenne + Kabel) kann, wenn das SWR im Shack gemessen wird, ein SWR aufweisen das stark von 1:1 abweicht., ohne dass HF Einstreuungen im Shack auftreten. Ein SWR das von 1:1 abweicht bedeutet lediglich, dass im Antennenspeisepunkt eine Fehlanpassung vorliegt. Das Speisekabel hat eine bestimmte Impedanz, bei Amateurfunkern meistens 50  $\Omega$ , und am Antennenspeisepunkt liegt eine Impedanz an die von diesen 50  $\Omega$  abweicht. Dies bedeutet Fehlanpassung, nicht mehr und nicht weniger. Mit HF auf dem Mantel des Koaxial-Kabels hat dies nichts zu tun.

### **Woher kommt denn die vagabundierende HF im Shack ?**

Das ARRL Antenna Book sagt dazu:



Der Grund, dass eine Speiseleitung strahlt liegt in einer fehlerhaften Installation (Unsymmetrie) was bei symmetrischer Leitung zu unsymmetrischen Strömen führt. Bei Koaxial-Kabeln führt dies zu eingekoppelter Energie, die auf der Aussenseite der Abschirmung des Koaxial-Kabels zur Erde abfließt.

Häufig ist es in der Praxis so, dass vagabundierende HF im Shack bei Antennen auftritt die schon von der Konstruktion her unsymmetrisch ausgelegt sind und die gleichzeitig am

Antennenspeisepunkt eine Impedanz aufweisen, die manchmal weit von  $50 \Omega$  entfernt ist. Eine der bekanntesten Antennen bei denen HF auf dem Mantel des Koax-Kabels vorprogrammiert ist, ist die Windom Antenne. Schon rein geometrisch handelt es sich um eine unsymmetrische Antenne.

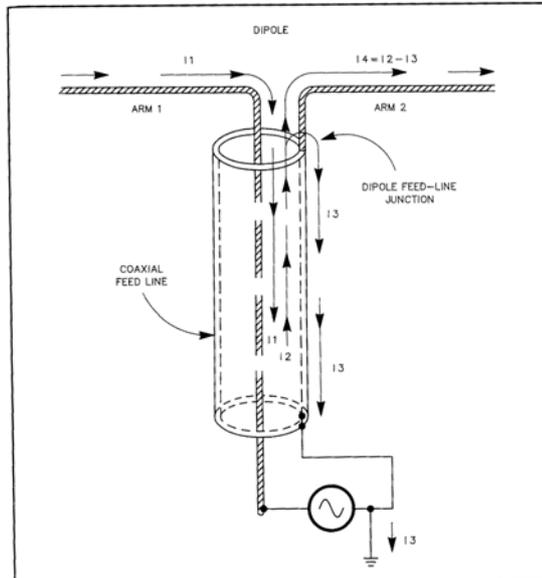


Fig 21-1—Illustration of the various current paths at a dipole feed point.

Volkstümlich ausgedrückt:

- Der Strom auf dem Innenleiter des Koax-Kabels und der Strom auf der Innenseite der Abschirmung sind identisch (Zufluss = Rückfluss).
- Durch Unsymmetrie in der Antennenanordnung kann es sich ergeben, dass ein Strom  $I_3$  auf der Abschirmung gegen Erde abfließen kann.
- Dieser Strom ist im Vergleich zum Strom im Innern des Koax-Kabels klein, er reicht aber aus um Störungen zu verursachen.

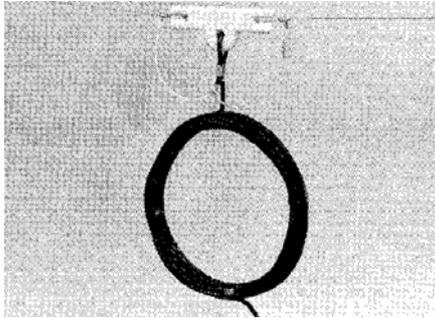
Es ist also der Strom  $I_3$  der die unerwünschten Störungen verursacht. Es gilt nun einen Weg zu finden wie wir diesen Strom  $I_3$  loswerden (= unterdrücken) können.

Dies geschieht mit einer besondere Art des Baluns die man

### **Mantelwellensperre.**

nennt. Es handelt sich dabei nicht um einen Balun im eigentlichen Sinne sondern um eine breitbandige Drossel die allfällige Mantelwellen auf dem Speisekabel unterdrückt.

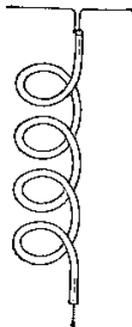
### 3.7.4.1 Mantelwellensperre in Form einer Koaxialkabeldrossel



Die einfachste Mantelwellensperre besteht aus einem Ring aus Koaxial-Kabel den man möglichst nahe am Speisepunkt aufhängt.

Dieser uralte Trick mit dem Koax-Kabel Ring funktioniert denn auch ganz leidlich, leider aber nicht immer optimal.

Es ist die klassische Lösung wenn man improvisieren muss, so nach dem Motte „quick and dirty“.



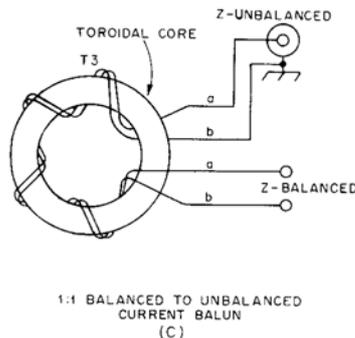
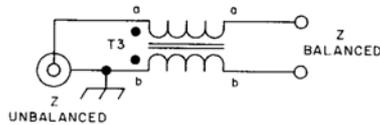
**Kochrezept:**

Zur Unterdrückung von Mantelwellen im Frequenzbereich 3.5 – 30 MHz nimmt man 3 – 3.5 m Koax-Kabel. Dieses wird so zu einem Ring aufwickelt, dass sich 7 Windungen ergeben. Gilt für RG-58 und RG-213.



Diese sauber gewickelte Anordnung hat den Vorteil, dass die Kapazität zwischen den Windungen optimal klein bleibt. Allerdings ist sie weniger gut geeignet zum Anbringen an einem exponierten Antennen-Einspeisepunkt.

### 3.7.4.2 Der klassische „Current-Balun“ [Strom-Balun]

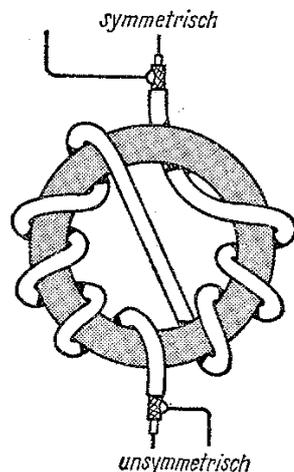


Die hier gezeigte Form ist der klassische Current Balun.

Der gesamte durch den Sender erzeugte Strom fließt durch den Ringkern, aber gegenläufig. Die Ströme, die vom Sender erzeugt werden, erzeugen bei der Zuleitung und bei der Rückleitung je ein identisches Feld aber in gegenläufiger Richtung. Die gegenläufigen Felder heben sich auf, sie erzeugen deshalb keinen magnetischen Fluss im Ferritkern.

Für den Strom  $I_3$  der durch Unsymmetrie erzeugt wird wirkt der Ringkern als kräftige Drossel. Der Strom  $I_3$  wird somit wirkungsvoll unterdrückt.

### 3.7.4.3 Mantelwellensperre in Form einer Ringkerndrossel mit Koaxialkabel



Bei dieser Ausführung, die ursprünglich von W1JR propagiert wurde, benutzt man einen Ferrit-Ringkern um den das Koax-Kabel geschlauft wird. Die Wirkung dieser Anordnung ist grundsätzlich gut.

Für 3.5 – 30 MHz bewickelt man den Ringkern mit 10 - 12 Windungen.

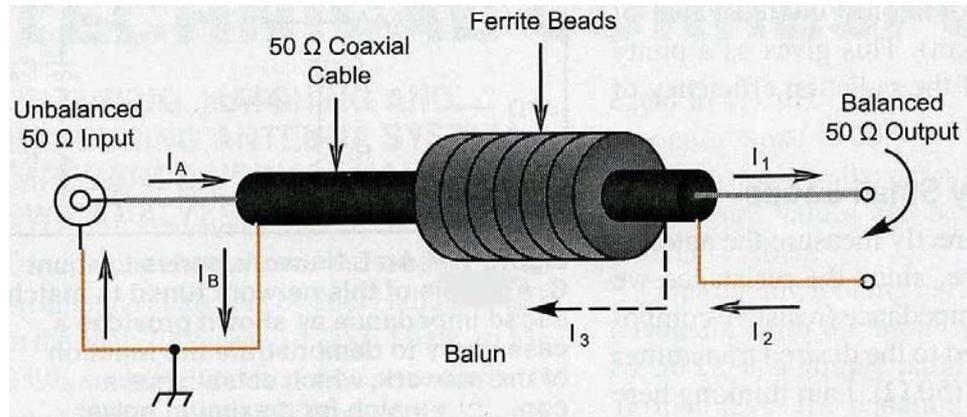
Die Bewicklung ist nach nebenstehendem Schema vorzunehmen. Die beiden Wicklungshälften sind nur scheinbar gegenläufig gewickelt. Es ist lediglich eine optische Täuschung. In Realität haben beide Wicklungshälften den gleichen Wicklungssinn. Bei näherem Betrachten sieht man, dass durch diese Anordnung die Streukapazität zwischen Eingang und Ausgang verkleinert

wird. Gleichzeitig wird die Montage der Stecker oder Steckbuchsen erleichtert.

Bei dieser Art Drossel können folgende Probleme auftreten:

- Man nimmt zu dünnes Koax-Kabel um bei gegebenem Kerndurchmesser alle Windungen draufzubringen. Dann ist man leistungsmässig beschränkt.
- Man unterschreitet den minimalen Biegeradius des Koax-Kabels. Dann besteht die Gefahr eines Kurzschlusses zwischen Seele und Mantel.

### 3.7.4.4 Mantelwellensperre mit Ferritkernen



In der deutschsprachigen Literatur wird diese Art Mantelwellensperre auch häufig als Ferritabsorber bezeichnet. Die Idee dazu ist schon seit Ende der 1930'er Jahre bekannt. Allerdings hatten die damals verfügbaren Dämpfungsmaterialien eine eher bescheidene Wirkung. Erst mit der Einführung der heutigen Ferritmaterialien wurde diese Art Mantelwellensperre wirkungsvoll und damit auch populär.

Die eigentlich Sendeenergie die im Innern des Koaxialkabels fließt und somit ein Eigenleben führt wird durch die Ferritkerne nicht beeinflusst. Für den unerwünschten Strom  $I_3$  hingegen stellen die Ferritkerne eine wirkungsvolle Drossel dar. Er wird je nach den elektrischen Eigenschaften und der Anzahl der Ferritkerne mehr oder weniger unterdrückt. In der Praxis erhält man mit dieser Anordnung beeindruckende Resultate.

Mehr Information zu dieser interessanten Art der Mantelwellensperre vermittelt der Artikel von OM J.C. Laib, HB9TL, der im „Old-Man November 2002“ erschienen ist.



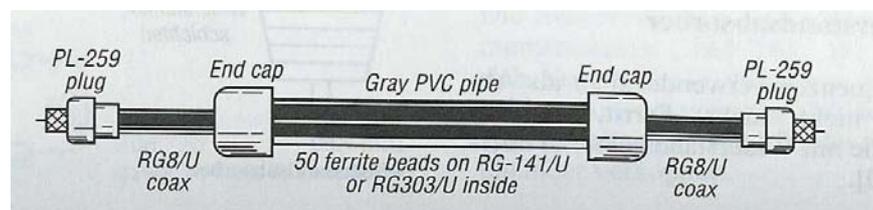
Hier ein Bild einer ähnlichen Ausführung.

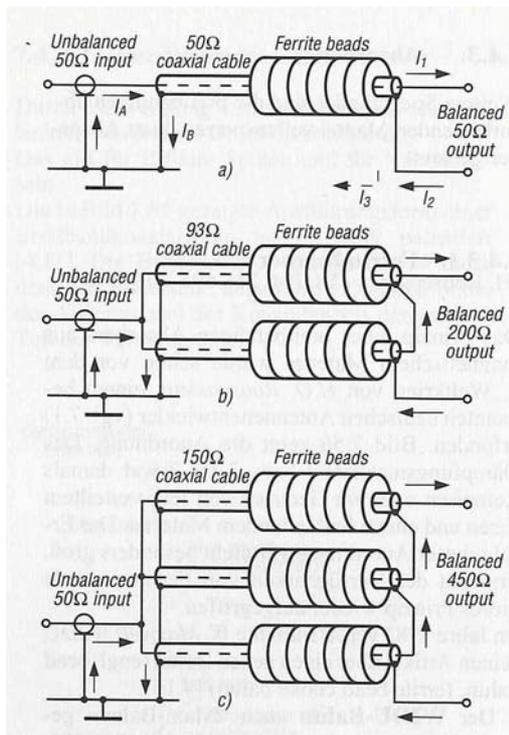
Es werden ca. 7 Stck. Amidon FB-77-1024 Kerne über den Aussenmantel eines RG-213 Kabels gesteckt.

Um die Kerne in Position zu halten verwendet man zweckmässigerweise ein genügend langes Stück Schumpfschlauch.

Dieses Stück Kabel wird dann direkt am Antennenfusspunkt eingeschlaucht.

Diese Art „Balun“ wurde seinerzeit von W2DU propagiert. Seine Version sah so aus:





Es handelt sich dabei um genau die gleiche Anordnung wie bereits gezeigt. Diese Prinzip wurde in der Zwischenzeit x-tausendfach von Funkamateuren in aller Welt mit grossem Erfolg nachgebaut und angewendet.

Die nebenstehenden Bilder zeigen, dass man mittels solcher Ferritkerne auch Mantelwellensperren oder Strom-Baluns mit anderen Übersetzungsverhältnissen als nur 1:1 anfertigen kann.

Die Wirkung solcher Baluns ist sehr breitbandig und sie sind auch für hohe Leistungen geeignet. Das Ferritmaterial ist ja ausser über den Mantel angeordnet. Es bleibt unbeeinflusst von den gegenläufigen Strömen (Sendeleistung von der Quelle über die Seele und Rückstrom über den Mantel). Die Ferritkerne müssen lediglich mit den Mantelwellenströmen fertig werden. Sie werden von der eigentlichen Sendeleistung nicht durchflossen und haben somit auch keine Sättigungsprobleme.

Solche Strombaluns mit diversen Übersetzungsverhältnissen werden z.B. von der US Firma DX Engineering sowohl in wasserdichter Ausführung wie auch in Ausführung für „Unter Dach Montage“ angeboten. Die Ausführungen die ich bisher zu Gesicht bekam sind sehr üppig ausgelegt und sie lassen sich auch durch SWR auf der Speiseleitung nicht so leicht beeindruckt. Es gibt sicher noch etliche andere Firmen die ähnliche Produkte anbieten.

### 3.7.5 Der 1:9 Balun alias „magnetischer Balun“



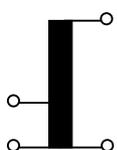
Eine Sonderform, der häufig in der Amateurfunkliteratur auch als Balun bezeichnet wird, ist der 1:9 Balun, auch magnetischer Balun genannt. Er dient dazu „hochohmige“ Antennen anzuschliessen.

Dieser Balun wird heute von diversen Herstellern und auch von vielen OM's als wahres Wundermittel bei Antennen-Anpassungsproblemen angepriesen.

Der Name „magnetischer Balun“ tönt zwar sehr wissenschaftlich.



- Das Ding hat sehr wenig mit dem Begriff „magnetisch“ zu tun, es sei denn man benenne alles was mit Induktivität oder mit Transformation zu tun hat als „magnetisch“.
- Ebenso wenig handelt es sich um einen Balun im Sinne von „balanced – unbalanced“ (symmetrisch - unsymmetrisch).



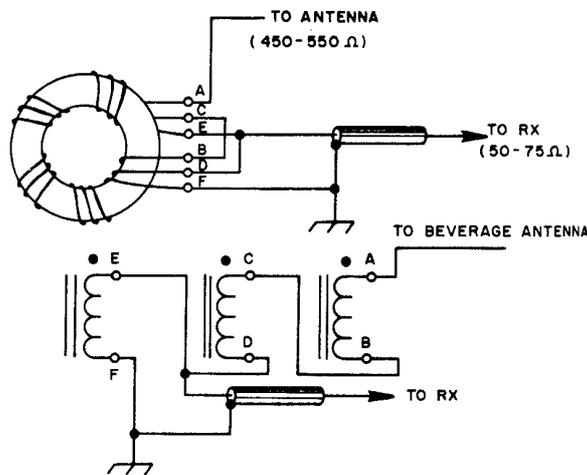
In Realität handelt es sich schlicht und einfach um einen HF Transformator in Sparschaltung mit einem

- **Spannungs-Übersetzungsverhältnis von 1:3**
- was ein **Impedanzverhältnis von 1:9** ergibt.

## Rund um die Antenne

### Teil 3: Antennenkoppler, SWR-Meter, Instrumente, Baluns

Nicht dass daran etwas schlecht wäre, es geht mir lediglich darum klarzustellen um was es sich vom technischen Standpunkt aus gesehen handelt.



Oben:

Die Wicklungs-  
anordnung

Unten:  
Das elektrische  
Schema des 1:9  
Impedanzwandlers.

Das oben gezeigte Bild stammt aus einem Beitrag über Beverage Empfangsantennen von ON4UN. Ursprünglich wurde diese Art Anpassung nur für reine Empfangsantennen benutzt. Dazu reichen kleine Ringkern aus.

Irgendeinmal hat ein mutiger und experimentierfreudiger OM einen „dicken“ Ringkern verwendet und die Schaltung auch zum Senden ausprobiert, und siehe da, es funktionierte.

Man hat dann diese Art Antennenankopplung mit diversesten Drahtlängen getestet und lange Listen veröffentlicht. Es ergaben sich etwa folgende Resultate:

- Drahtlängen die auf einem Amateurband eine  $\lambda/2$ - Resonanz (oder Mehrfache davon) aufweisen sind zu vermeiden, da dort Spannungsresonanz auftritt.
- Folgende Drahtlängen scheinen sich in der Praxis zu bewähren:  
9 m – 15 m – 18 m – 27 m – 50 m  
Mit diesen Drahtlängen liessen sich annehmbare SWR-Werte am Transceiver erzielen. Was für einen Wirkungsgrad eine 9 m lange Antenne auf 80 m (oder 160 m) hat bleibe dahingestellt.

Bei einigen Artikeln zu diesem Thema werden immer nur die Längen des Antennendrahtes angeführt. Von der Länge und Anordnung der Erdleitung wird nichts ausgesagt. Ob eine bestimmte Drahtlänge sich anpassen lässt oder nicht hängt auch noch von der Länge der Erdleitung ab, denn diese stellt einen Teil der Antenne dar und strahlt mit. Deshalb sind solche Vorhersagen mit Vorsicht zu geniessen. Man muss das schon selbst am eigenen Standort ausprobieren. Wenn's nicht auf Anhieb geht, nur nicht verzweifeln. Dann versucht man es eben mit einer andern Länge, plötzlich hat man die Länge gefunden die am eigenen Standort eine vernünftige Anpassung auf vielen oder auf allen Bändern ergibt.

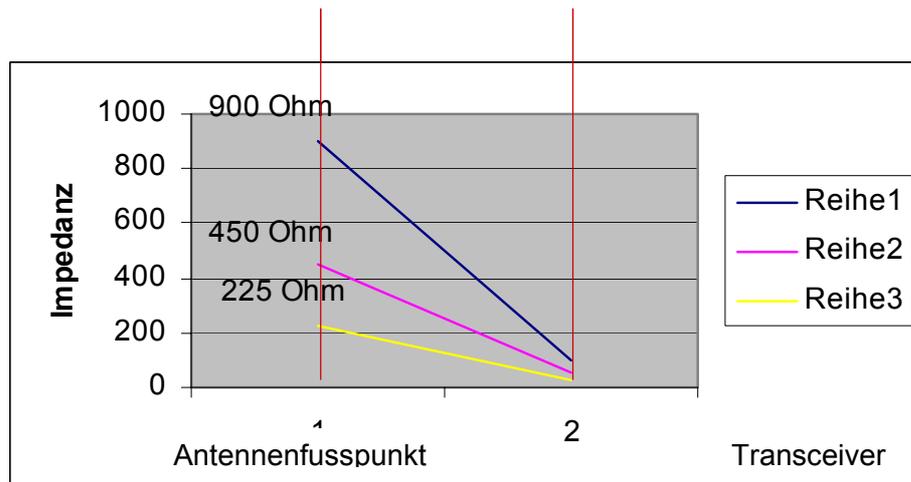
In meinem näheren Bekanntenkreis gibt es OM's die mit dieser Antennenanordnung auf Anhieb vorzügliche Resultate erzielt haben. Ebenso gibt es einige OM's bei denen diese Art Antenne lediglich zu BCI und TVI und damit zu verärgerten Nachbarn geführt hat. Man kann also auch von dieser Antennenform nicht behaupten, dass ein 100 %-iger Erfolg garantiert ist.

Wer auf seinem PC eine Antennen-Simulations-Software installiert hat kann Länge und

Lage der Antenne sowie des Erddrahtes eingeben und die Sache am PC soweit optimieren, dass an der aufgebauten Antenne vermutlich nur noch kleine Längenanpassungen notwendig sind.

### Was ist nun so wundertätig am 1:9 Impedanzwandler ?

**Die am Speisepunkt der Antenne anliegende Impedanz  
wird per Definition um den Faktor 9 geteilt.**



Wie das obige Bild zeigt werden alle am Antennenfußpunkt anliegenden Impedanzen um den Faktor 9 geteilt. Man ist somit bald einmal in einem Bereich angelangt den der im Transceiver eingebaute Tuner oder der im Shack vorhandene manuelle Tuner abzustimmen vermag.

Was der 1:9 Impedanzwandler **nicht** kann:



- Er kann keine reine Spannungskopplung vornehmen. Diese tritt dann auf wenn die Drahtlänge auf einer Frequenz  $\lambda/2$  oder ein Vielfaches davon beträgt. Das sind Fälle für spezielle Tuner die mit abgestimmten Schwingkreisen arbeiten.

Weiterhin gilt es beachten:

- Bei der Verwendung des 1:9 Impedanzwandlers hat man eine

#### **unsymmetrische Antennenanordnung.**

Es findet also keinerlei Symmetrierung statt. Die HF-Energie sucht sich immer ein Gegengewicht. Wenn sie dieses nicht wie beim Dipol in der anderen Dipolhälfte findet, dann sucht sie sich einen Ausweg. Das kann dann der Mantel des Koaxial-Kabels sein, das den Impedanzwandler speist oder es kann die Erdleitung sein. Eine gute Erdung oder die Verwendung von Gegengewichtsdrähten trägt zur Steigerung des Wirkungsgrades sowie zur Vermeidung von BCI / TVI bei.

**Die Erdleitung vom „Balun“ bis zum Übergang in die Erde ist ein Teil der Antenne und strahlt.**

**Wenn die Erdleitung nicht strahlt, dann strahlt der Mantel des Koaxialkabels !**

**Etwas strahlt immer !**

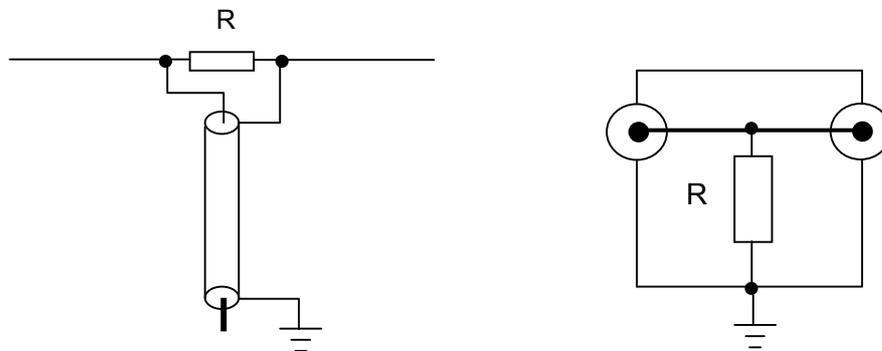
Mehr Informationen zu diesem Thema findet sich im Beitrag von OM Toni Schelker, HB9EBV, der im Old Man 1-2003 erschienen ist.

Impedanzwandler können natürlich auf für andere Übersetzungsverhältnisse ausgeführt werden. Theoretisch kann man jedes beliebige Uebersetzungsverhältnis herstellen. Allerdings ergeben sich dann unter Umständen relativ komplizierte Schaltungen mit Abgriffen bei  $\frac{1}{2}$  Windungen oder ähnliches. Deshalb ist der 1:9 Impedanzwandler eine sehr populäre Ausführung, da er mit 3 gleich langen Drähten die möglichst noch verdrillt miteinander auf dem Kern aufgebracht werden hergestellt werden kann.

### 3.7.6 Statik ableiten

Unter bestimmten atmosphärischen Bedingungen kann eine Antenne „Statik“ aufnehmen. Dies macht sich beim Empfang in Knackgeräuschen aller Art bemerkbar. Verursacht werden diese unangenehmen Geräusche durch statische Aufladungen in der Luft. Es handelt sich dabei aber noch lange nicht um Blitze, sondern lediglich um Aufladungen des Antennendrahtes. Manchmal lässt sich die Spannung sogar mit sehr hochohmigen Voltmetern nachweisen.

Ein Spannungsbalun mit einem Übersetzungsverhältnis 1:1 leitet solche statische Aufladungen des Antennendrahtes mit Sicherheit ab.



Anstelle eines Baluns kann man auch eine funktechnische Uralt-Lösung anwenden. Man schaltet nämlich ganz einfach einen hochohmigen Widerstand zwischen den ungeerdeten Draht und der Erde, zwischen der Seele und dem Mantel des Koaxialkabels. Wo der Widerstand eingefügt wird ist nebensächlich. Dies kann am Antennenspeisepunkt geschehen oder im Shack. Dort z.B. eingebaut in ein kleines Metallkästchen.

Der Wert des Widerstandes sollte zweckmässigerweise in der Grössenordnung von ca. 100 k $\Omega$  liegen. Er sollte so bemessen sein, dass einerseits die statische Aufladung sicher abgeleitet wird und andererseits beim senden nicht allzu viel der kostbaren Sendeleistung im Widerstand verbraten wird. Bei Leistungen bis 100 W fließen bei den angegebenen Werten keine nennenswerten Ströme mehr durch den Widerstand, aber um die statische Aufladung abzuleiten ist der Widerstand genügend klein. Bei kleinen Sendeleistungen sind auch 50 k $\Omega$  OK. Bei Verwendung einer Leistungsendstufe, d.h. grösser 100 W, würde ich dieses Prinzip nicht mehr anwenden.

Am besten eignen sich für solche Zwecke Kohlewiderstände mit Leistungen ab ca. 5 W.

**WARNUNG:**

Für diese Anwendung dürfen auf keinen Fall SMD Widerstände verwendet werden. Die Kriechstrecken solche Miniaturdinger sind viel zu klein, es kann zu Durchschlägen kommen.

Also immer „richtige„ Widerstände mit Anschlussdrähten verwenden. Am besten eignen sich Widerstände aus Uralt-Radios. Diese bestehen häufig noch aus einer gebackenen Masse von Kohlenstoff. Es sind also echte Kohle-Widerstände die nur einen Widerstandswert aber keine Induktivität aufweisen. Auch ist es nicht schlecht den Gesamtwiderstand in 2 oder 3 Teilwiderstände aufzuteilen, die in Serie geschaltet sind. So ist sichergestellt, dass es nie zu Durchschlägen und Überschlägen kommt.

So ein Widerstand in der Antennenzuleitung leitet statische Aufladungen ab, genau wie dies ein Spannungsbalun auch tut. Allerdings kann weder der beste Ableitwiderstand noch der beste Spannungsbalun echte Störgeräusche ableiten. Auch das berühmte Rauschen im Empfänger das Auftritt wenn es draussen heftig schneit wird man auf diese Art nicht los.

Anstelle eines Widerstandes könnte man natürlich auf eine HF-Drossel einschalten. Allerdings muss man zuvor sicherstellen, dass die Drossel keinesfalls auf einem der verwendeten Amateurfunkbänder eine Resonanzstelle aufweist und dort plötzlich niederohmig wird.

**ACHTUNG:**

Diese Schaltung ist kein Balun, es wird also keine Symmetrierung vorgenommen. Die Schaltung dient lediglich dazu statische Aufladungen auf der Antenne gegen Erde abzuleiten.