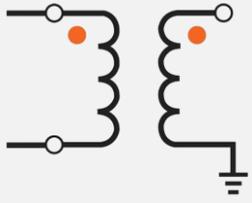




© Ing. Arnold Hübsch, OE1IAH

© Ing. Kurt Baumann OE1KBC

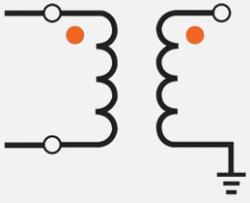


BALUN, UNUN, DUPLEXER



Einführung



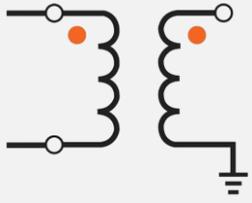


BALUN, UNUN, DUPLEXER



Inhalt

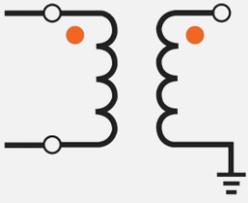
- Antennen-Anpassung
- BALUN, UNUN
- Diplexer / Duplexer
- Software für Berechnungen
- Antennen-Technik



BALUN, UNUN, DUPLEXER



Antennen-Anpassung



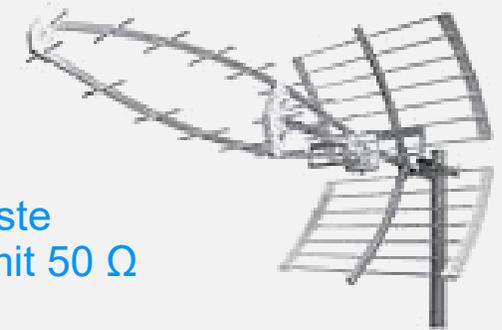
Antennenanpassung

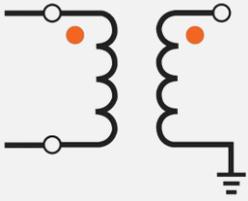
Um eine optimale Leistungsübertragung vom Antennenkabel zur Antenne sicherzustellen, müssen die HF-Eigenschaften des Kabels und des Fußpunkt-Widerstandes ident sein.

- Fußpunkt-widerstand

- Warum 50 Ω ?

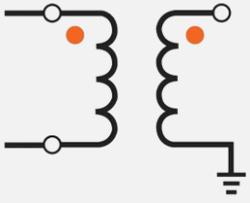
- Eigentlich steht bei 30 Ω die maximale Leistungskapazität und bei 75 Ω die geringste Dämpfung zur Verfügung. Daher die Festlegung leistungsbezogene Funktechnik mit 50 Ω zu realisieren.
 - Kabel mit einem Wellenwiderstand von 50 Ω weisen eine hohe Belastbarkeit und eine vergleichsweise geringe Dämpfung auf.
 - Aber auch die 75 Ω Kabel haben nach wie vor, vor allem in der Fernsehtechnik ihre Berechtigung. Die Dämpfung ist bei 75 Ω am geringsten und es werden eher geringere Leistungen notwendig sein.





Antennenanpassung

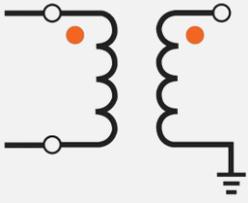
- Impedanz-Anpassung
 - Warum ist die Impedanz Anpassung so wichtig?
 - Die Impedanz der Antenne muss beim Zusammenbau für die Endbenutzerumgebung angepasst werden, damit sie im gewünschten Frequenzband mit maximaler Effizienz arbeitet.
 - Optimale Effizienz führt zu maximaler Reichweite, minimalem Stromverbrauch, geringerer Erwärmung und zuverlässigem Informationsdurchsatz.
 - Es ist gut zu wissen, dass die Antenne selbst als Impedanz Transformator betrachtet werden kann. Die Antenne leitet die von der HF-Schaltung empfangene Leistung über die Sendeleitung (in den meisten Fällen auf eine Impedanz von 50Ω angepasst) in den freien Raum (Feldwellenwiderstand des Vakuums - Impedanz von 377Ω) weiter.



Antennenanpassung

- Die Anpassung erlaubt möglichst viel Energie durch das Gesamtsystem zu leiten.
- Haben Sender und Antenne unterschiedliche Impedanzen senkt das die Leistung



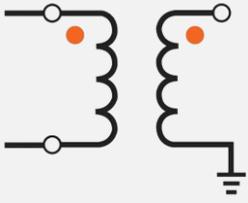


Antennenanpassung

- **Stehwellenverhältnis (SWR)**

- Die Anpassung der Eingangsimpedanz der Antenne auf 50Ω ist eine Voraussetzung, um sicherzustellen, dass die maximale Leistung von der HF-Schaltung zur Antenne übertragen wird und nur eine vernachlässigbare Menge an Leistung zurückreflektiert wird.
- Das Stehwellenverhältnis (SWR) ist ein Maß dafür, wie gut die Antennenimpedanz an die Impedanz der angeschlossenen TX-Leitung angepasst ist. Ein Wert unter 1,5 ist erwünscht.
- Ein niedriges, flaches SWR ermöglicht eine maximale Leistungsübertragung von der Übertragungsleitung. Das SWR kann als Reflexionskoeffizient ausgedrückt werden, der sich auf die von der Antenne reflektierte Leistung bezieht.





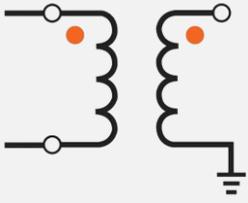
Stehwellenverhältnis (SWR)



- SWR alleine sagt nichts über die Wirkung der Antenne aus.
- Eine korrekte Dummy Load hat perfektes SW sendet aber nicht
- SWR von 2 „kostet“ etwa 10% Energie
- Die rücklaufende Leistung „macht irgendwas“ wenn's zu viel ist gibt's Schäden. Immer überlegen ob das schadet oder noch hinnehmbar ist

SWR	% Verlust	ERP	Abstrahlung von 40W Senderleistung
1,0	0,0%	100,0%	40,00
1,1	0,2%	99,8%	39,9
1,2	0,8%	99,2%	39,7
1,3	1,7%	98,3%	39,3
1,4	2,8%	97,2%	38,9
1,5	4,0%	96,0%	38,4
1,6	5,3%	94,7%	37,9
1,7	6,7%	93,3%	37,3
1,8	8,2%	91,8%	36,7
1,9	9,6%	90,4%	36,1
2,0	11,1%	88,9%	35,6
2,1	11,2%	87,4%	35,0
2,2	14,1%	85,9%	34,4
2,3	15,5%	84,5%	33,8
2,4	17,0%	83,0%	33,2
2,5	18,4%	81,6%	32,7
2,6	19,8%	80,2%	32,1
2,7	21,1%	78,9%	31,6
2,8	22,4%	77,6%	31,0
2,9	23,7%	76,3%	30,5
3,0	25,0%	75,0%	30,0
4,0	36,0%	64,0%	25,6
5,0	44,4%	55,6%	22,2
6,0	51,0%	49,0%	19,6
7,0	56,3%	43,8%	17,5
8,0	60,5%	39,5%	15,8
9,0	64,0%	36,0%	14,4
10,0	66,9%	33,1%	13,2

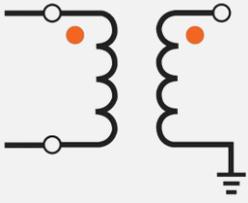
SWR und Leistungen



Antennenanpassung

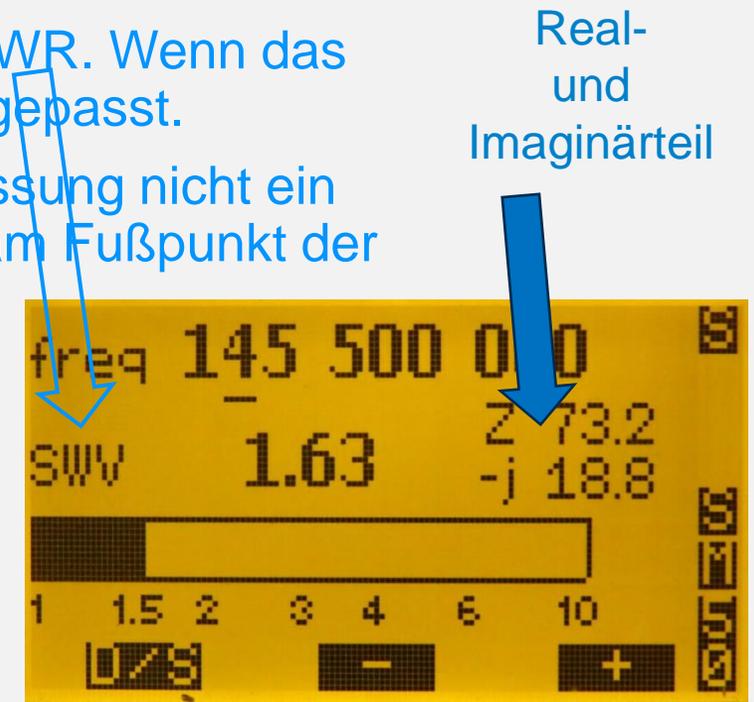
- **Wie messe ich die Impedanz**
 - Mit einem Vektornetzwerkanalysator (VNA) kann die Eingangsimpedanz der Antenne in der Endbenutzerumgebung gemessen werden, da dies dabei hilft, die Antenne für die tatsächlichen Betriebsbedingungen zu optimieren.
 - Der VNA sollte so nah wie möglich an der Messebene oder am Standort des Anpassungsnetzwerks kalibriert werden.
 - Die Impedanz-Anpassungstechnik sollte jede Länge der Übertragungsleitung berücksichtigen, falls diese zwischen dem Kalibrierungspunkt und dem Anpassungsnetzwerk vorhanden ist.
 - Mit dem VNA kann der Reflexionskoeffizienten gemessen werden.

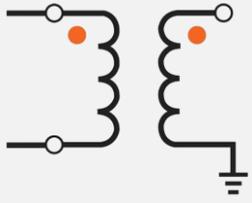




Antennenanpassung

- Wie messe ich die Anpassung einer Antenne
 - Mit einem Stehwellenmessgerät (SWR-Meter)
 - Das Messgerät misst die Leistung (Wanderwelle), welche vom Sender zur Antenne übertragen wird und auch jene Leistung (Stehwelle) die durch Fehlanpassung zurück fließt.
 - Das Verhältnis der beiden Messwerte ergibt damit das SWR. Wenn das SWR ein Verhältnis von 1 hat ist die Antenne optimal angepasst.
 - Es ist wichtig dass man zur Kontrolle der Antennenanpassung nicht ein Zuleitungskabel mit in der Messschleife hat. Also direkt am Fußpunkt der Antenne messen.
 - Wird inklusive des Kabels gemessen und das Kabel hat eine sehr hohe Dämpfung (frequenzabhängig) kann es zu falscher Interpretation der Anpassung der Antenne kommen.

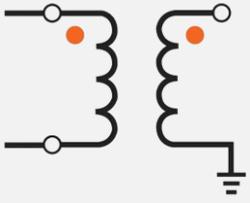




BALUN, UNUN, DUPLEXER



BALUN

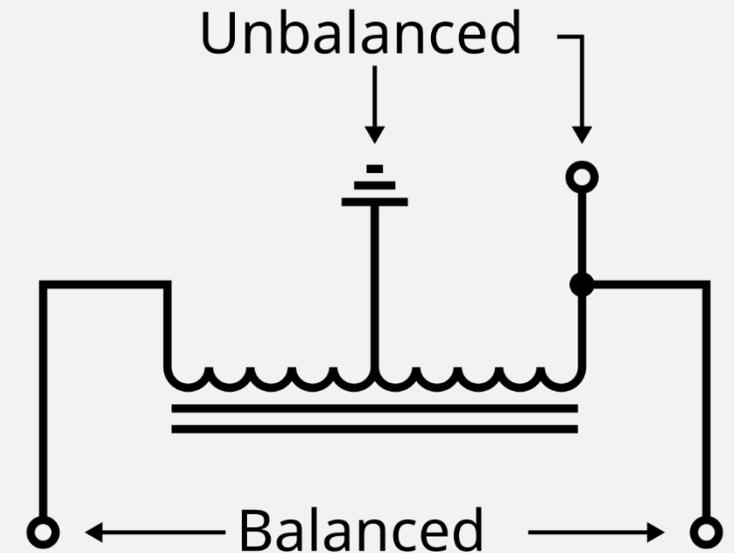


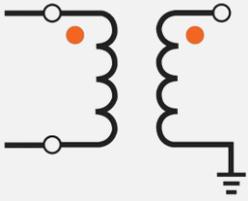
BALUN



- **BALUN**

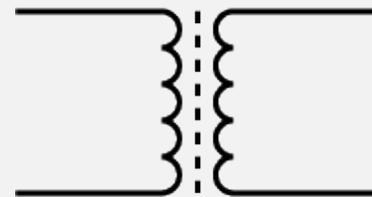
- Ein BALUN (englisch balanced-unbalanced) ist in der Elektrotechnik und Hochfrequenz-Technik ein Bauteil zur Wandlung zwischen einem symmetrischen Leitungssystem und einem unsymmetrischen Leitungssystem. Vor allem in der Hochfrequenztechnik wird für das Bauteil auch die Bezeichnung Symmetrier-Glied verwendet.
- BALUNs arbeiten in beide Richtungen.





BALUN

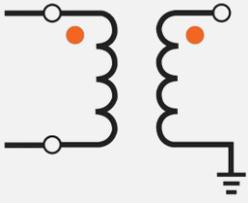
- Transformator oder Mantelwellensperre?
- Grundsätzlich gibt es zwei unterschiedliche Methoden, einen BALUN zu bauen, als Transformator oder als Mantelwellensperre. Grundsätzlich unterscheiden sich beide Varianten nur dadurch, wie die Wicklungen angeschlossen werden.
- Transformator-Version
 - Auf den ersten Blick hat die Transformator-Version deutliche Vorteile: Man kann ein beliebiges Übersetzungsverhältnis einstellen und bekommt die galvanische Trennung gratis dazu.
- Mantelwellendrossel
 - Im Vergleich dazu ist die Mantelwellendrossel langweilig: Die bifilare Wicklung unterdrückt unsymmetrische Ströme ("Mantelwellen"), sonst nichts. Diese Betrachtung hält aber dem Realitätstest nicht stand.



Typ "Transformator"



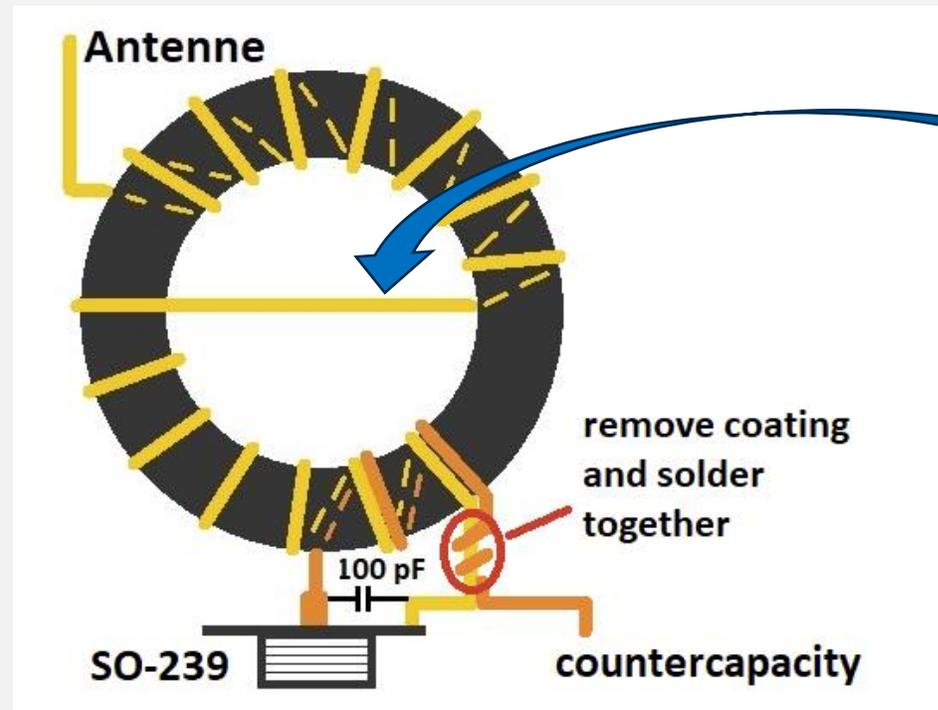
Typ "Mantelwellendrossel"



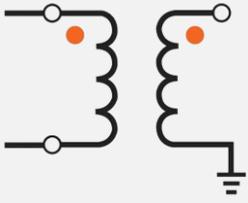
BALUN

- Transformator-BALUN

- Fast bei jedem Transformator wird hier die eingespeiste elektrische Energie erst mal an ein Magnetfeld weitergegeben, um dann wieder in elektrische Energie umgewandelt zu werden. Das Magnetfeld gehört damit zur Übertragungskette, der magnetische Kreis darf also nur geringe Verluste haben. Deshalb verwendet man hier Luftspulen oder Eisenpulver-Kerne – beides magnetische Leiter mit niedriger Permeabilität.



Die Wickeltechnik, Draht quer durch den Kern dient dazu Ein- und Ausgang an gegenüberliegenden Seiten vom Kern zu haben. Man könnte Weiterwickeln und die Anschlüsse nebeneinander anordnen.



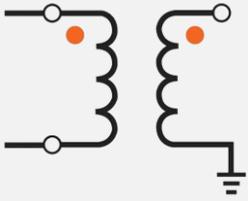
BALUN



- Transformator-BALUN

- Ein Kern kann nur einen begrenzten Teil des Magnetfeldes einfangen und es entsteht ein großes Streufeld.
- Die gesamte Energie muss durch den Kern hindurch, das hat Verluste und führt zu Erwärmung
- So haben die Wicklungen keinen sinnvoll definierten Wellenwiderstand. Je breitbandiger die Anwendung sein soll, um so schwieriger wird das Kompensieren so eines Transformators. Im QRP- oder reinen Empfangsbetrieb mag das noch mit Amateurmitteln zu beherrschen sein. Aber bei üblichen Sendeleistungen wird es langsam kompliziert, hier mehr zu erreichen als eine mehr oder weniger selektive Antenne an die Ableitung anzupassen.





BALUN

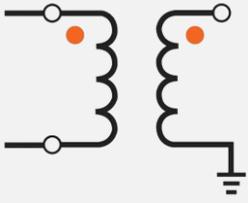


- Mantelwellendrossel-BALUN

- Der übliche Aufbau einer Mantelwellendrossel ist ein Koaxkabel, das möglichst intensiven Kontakt mit möglichst viel Eisen bekommt. All die Klapp-Ferrite und Entstöringkerne gehören in diese Klasse. Für das Nutzsignal ist dieses Eisen wegen der bifilaren Wicklung nicht vorhanden: Dem Koaxkabel macht die Umgebung nichts aus und der Sender sieht vielleicht etwas mehr Kabeldämpfung – aber noch nicht mal Stoßstellen.

mMn ist die Zeichnung eine Mantelwellensperre
Strombalun ist mMn eventuell verwirrend weil eben
nicht balanziert wird. Das Signal IM Kabel wird nicht
bearbeitet. Die außem laufenden Mantelwellen werden
„gefressen“

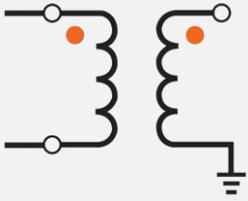




BALUN



- Mantelwellendrossel-BALUN
 - Bei perfekter Leistungsanpassung liefert z.B. ein 50W-Sender 50 V und 1 A. Nehmen wir jetzt mal an, dass die Mantelwellendrossel 1 k Ω Impedanz hat, dann fließen durch sie maximal 50 mA. Bei 50 V bedeutet das 2,5 VA. Wenn die Drossel keine Verluste hat, kommen hinten aus der Mantelwellendrossel 50 W heraus. Wenn sie alle eingespeiste Magnetenergie verheizt, sind es immer noch 47,5 W.
 - Solange man das Koaxkabel beim Wickeln der Drossel nicht zu sehr misshandelt, lässt sich die Anpassung für das Nutzsignal problemlos sicherstellen. Zwar sieht man nicht, ob die Sperrwirkung wirklich so gut ist wie erwünscht, aber ein wesentlich einfacheres Selbstbauprojekt ist kaum denkbar.



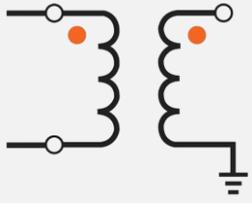
BALUN



- Mantelwellendrosel-BALUN

- Dieser Strombalun ist eine ideale Lösung zur Speisung von Antennen mit symmetrischer 50-Ohm-Impedanz wie Beams oder Dipole.
- Im Shack sollte man einen solchen BALUN zur Gleichwellenunterdrückung am Ende des Antennenkoaxialkabels in der Nähe des Transceivers einsetzen.
- Für 7-50 MHz 2 : 4 Windungen
- Für 1,8-50 MHz 2 : 5-6 Windungen

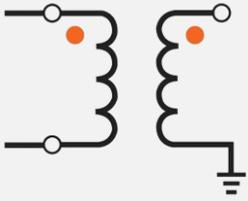
*MW Sperre besser in die Nähe der Antenne, damit
Hat man den Strom nicht am Kabel. Zusätzlich auch
Nochmals im Shack vor der PA/TRX kann nicht schaden*



BALUN, UNUN, DUPLEXER

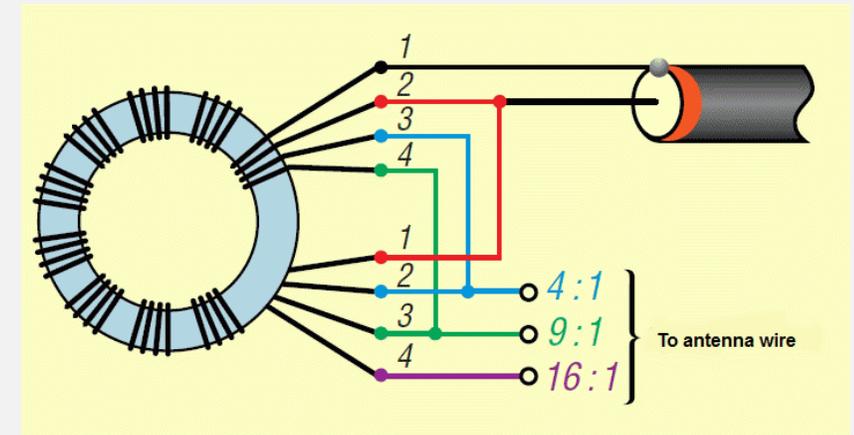


UNUN

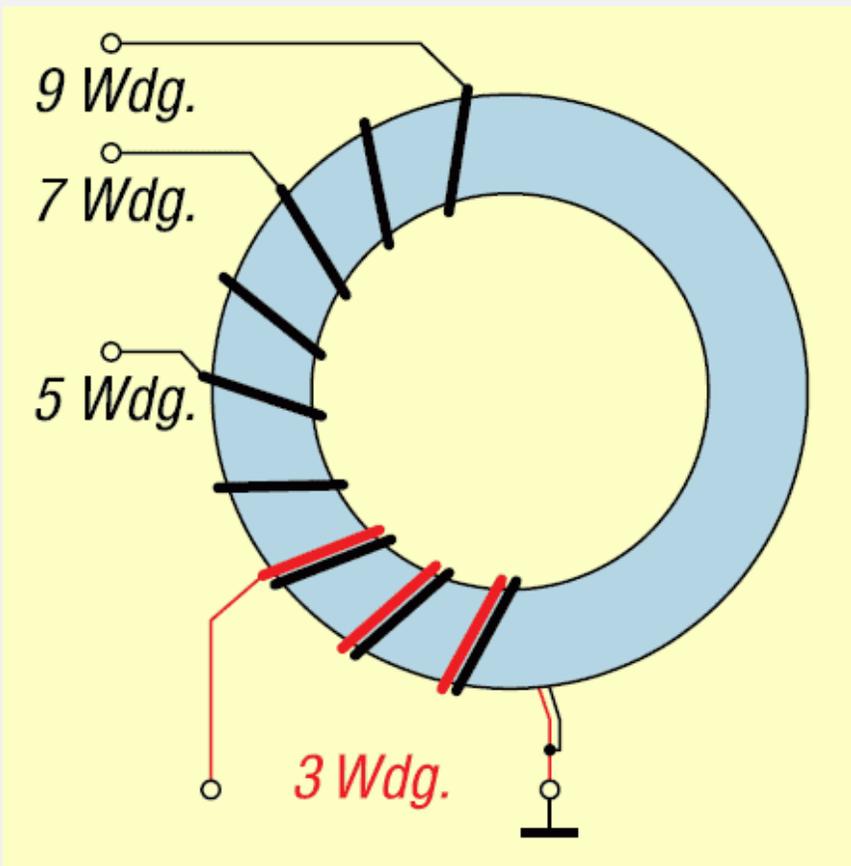
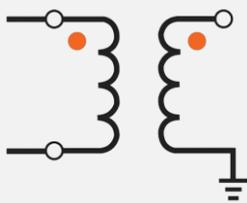


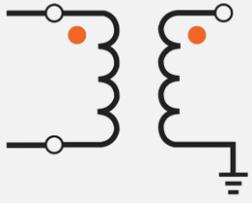
UNUN 1:9 oder höher

- UNUN deutet auf den unsymmetrischen Ein- und Ausgang hin. Verwendung bei endgespeisten Drähten. Die meisten mit 1:9-Balun bezeichneten Transformatoren sind in Wirklichkeit UNUNs.
- UNUN 1:9 wird mit einer trifilaren Wicklung realisiert, 1:16 mit vier parallelen Drähten. Auf einem FT-240 Ferritkern werden ungefähr 8 Windungen benötigt (wer mehr Augenmerk auf 10 m oder gar 6 m Antennenlänge legt, nimmt eine Windung weniger, wer mehr Augenmerk auf 80 und 160 m legt, lieber eine Windung mehr). Eisenpulverkerne wie T200-2 sind für Breitband-Transformatoren ungeeignet!



UNUN 1:9 oder höher

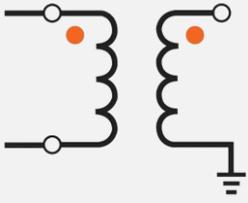




BALUN, UNUN, DUPLEXER



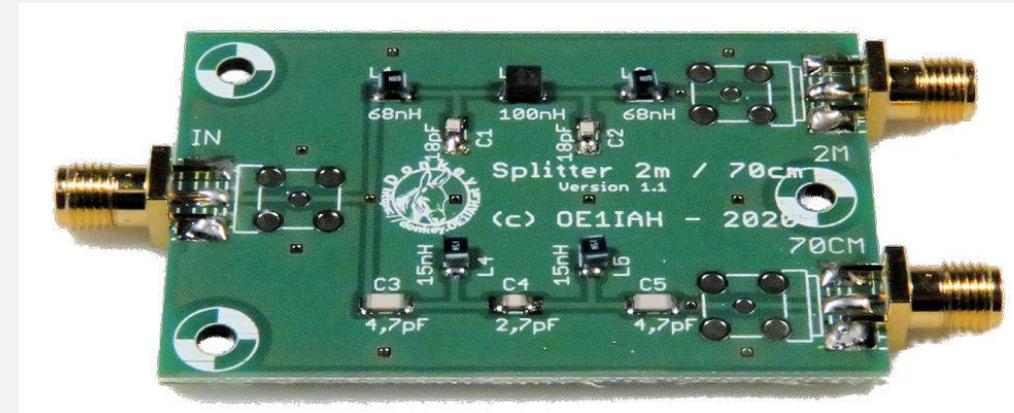
DIPLEXER, DUPLEXER



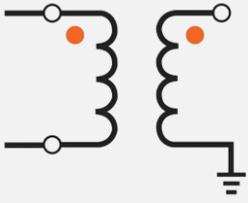
DIPLEXER, DUPLEXER

- Diplexer (Splitter)

- ist ein elektronisches Bauteil, das zwei Frequenzbereiche kombinieren oder trennen kann, ohne gegenseitige Störungen zu verursachen. Die Werte möglicher Interferenzen werden durch den Wert "Isolation in Dezibel (dB)" gemessen.
- Der Diplexer ermöglicht es, zwei verschiedene Signale über eine gemeinsame Antenne zu senden oder zu empfangen, indem er die Signale je nach ihrer Frequenz trennt oder kombiniert.
- Funkamateure*innen verwenden den Diplexer häufig, um die Signale von VHF und UHF zu trennen, damit ein Funkamateur mit einer einzigen Antenne auf beiden Bändern arbeiten kann. Für SWL-Stationen ermöglicht dieses Produkt das Hören von Signalen aus verschiedenen Bändern mit einer einzigen Antenne und zwei gleichzeitig betriebenen Empfängern.



Hochpass- und Tiefpassfilter trennen die Signale



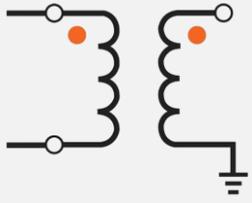
DIPLEXER, DUPLEXER



- Duplexer (Weiche)

- werden genutzt, um einen Sender und einen Empfänger bidirektional (im sogenannten Duplexbetrieb) über eine Antenne zu gleichzeitig betreiben. Sie können als Filterbaugruppe aufgebaut werden.
- Eine Duplexweiche wird bei duplexfähigen Funkgeräten verwendet, um die Funkantenne gleichzeitig an Sender und Empfänger anzuschalten. Voraussetzung ist die Verwendung eines Duplexkanals, also eines Frequenzpaares, bei der Sende- und Empfangsfrequenz um einen festen Duplexabstand versetzt sind. Diese beiden Frequenzen heißen dann Ober- und Unterband.
- Einige beispielhafte Funkanwendungen ist ein Relais
- Wegen ihrer Größe wird eine Duplexweiche in der Regel nur in Feststationen oder in eingeschränkt tragbaren Mobilfunkgeräten eingebaut.

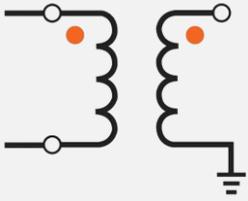




BALUN, UNUN, DUPLEXER



SOFTWARE

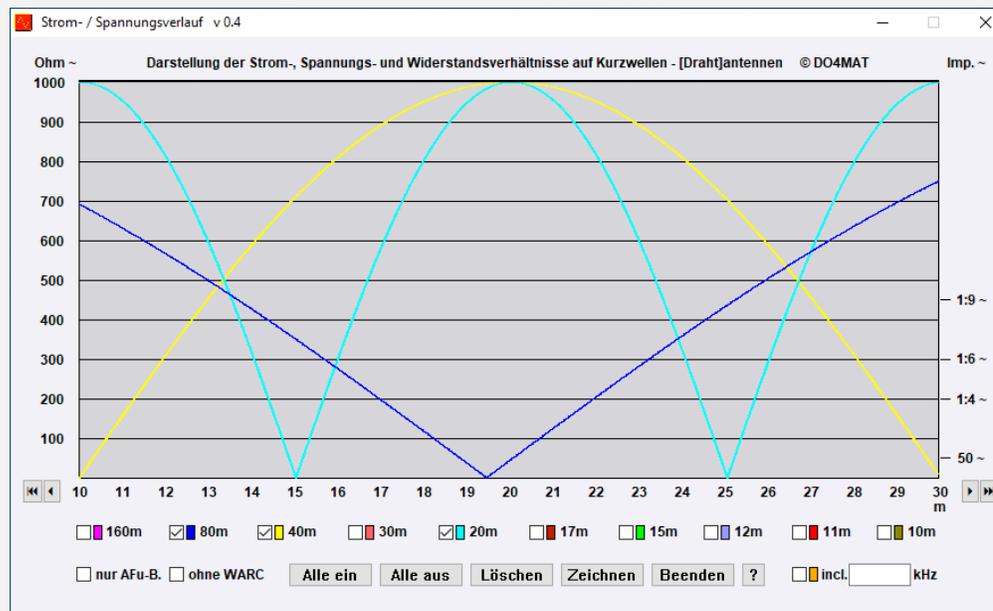


SOFTWARE

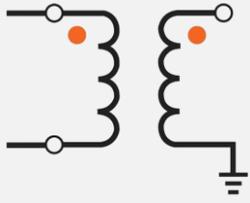


- Spannungsverlauf in der Antenne

- Verlaufs einer HF-Spannung auf einem Draht
 - http://dl7ahw.bplaced.net/dl7ahw/KW_sinus04.exe



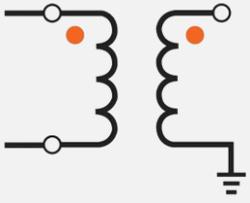
Das Programm laufen lassen



BALUN, UNUN, DUPLEXER



FUCHSANTENNE AUFBAUBEISPIEL NACH OE1WBS

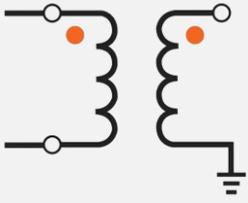


FUCHSANTENNE



- Aufbau
 - Wolfgang, OE1WBS hat einen Teilesatz vorbereitet der das zusammensammeln der einzelnen Teile erspart. Insbesondere die Trommel (falls noch vorhanden) und der 3D-Druck-Teil.





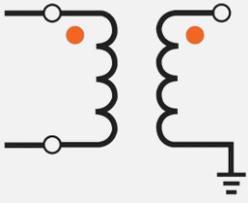
FUCHSANTENNE



- Aufbau

- der Antenne mit der Kabelbox ist in einem Foliensatz von OE1WBS dokumentiert.
- Hier ein Baubericht von OE1IAH:
 - Zunächst habe ich den Ringkern mit Teflon-Band isoliert, um allfälligen Beschädigungen des Kupferlacks vorzubeugen. Die Spannungen im Fuchskreis können sehr hoch werden.
 - Die Antenne ist Endgespeist, also im Spannungsbauch.

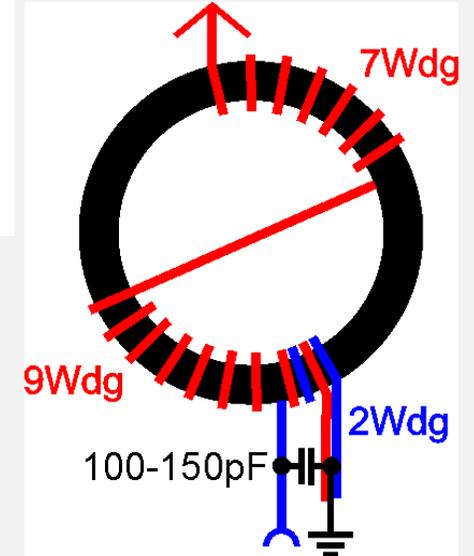
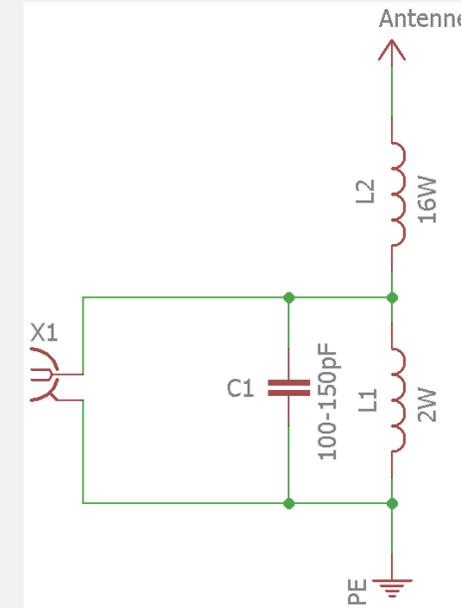


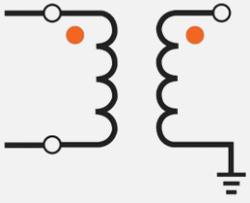


FUCHSANTENNE

- **Schaltung**

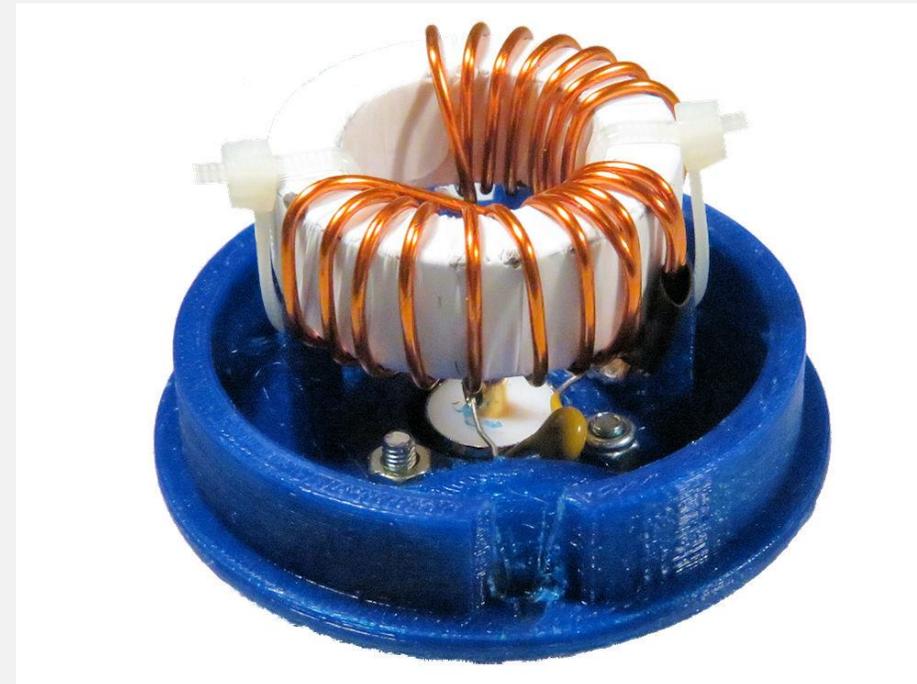
- Die Schaltung ist ein Klassiker, ein Transformator am Kern 64:1 Impedanz Konvertierung, um die hohe Impedanz anzupassen. Die Impedanz Transformation erfolgt nach dem Quadrat der Windungsverhältnisse hier 2:16 -> 1:8. Eine Endgespeiste Antenne in $\lambda/2$ oder $\lambda/3$ hat üblicherweise etwa $2k\Omega$. Der Kondensator bewirkt einen breiteren niedrigen SWR-Verlauf. Der Kondensator sollte zumindest 1kV Spannungsfestigkeit haben, besser mehr.

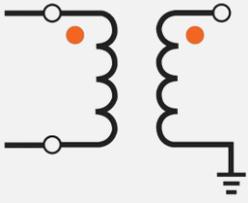




FUCHSANTENNE

- Koaxanschluss
 - Der Kern mit dem Kondensator wird hinter der PL-Buchse festgelötet und mit 2 Kabelbindern in Löchern des 3D-Teils befestigt.
 - Dieses Beispiel dient auch als Anleitung für ähnliche Projekte.
 - Viel Erfolg beim Aufbau.





Amateurfunk und Citizen Science Wir wollen es wissen! Wir alle sind Forschung!

Ev. doch ICSSW stärker betonen?



- **IceBird-Talk**
ÖVSV Landesverbandes Wien
Ing. Kurt Baumann, OE1KBC
Ing. Arnold Hübsch, OE1IAH
 - Unterstützung von Forschung und Entwicklung
 - Aus- und Weiterbildung im Funkwesen
 - Projekte planen und verwirklichen

<https://oe1.oevsv.at>