

DZR – der Doppel-Zepp-Rechner

Die Doppel-Zepp (Doublet) gehört nach wie vor zu den beliebtesten Mehrband-Antennen, die Optimierung kann allerdings auch dem erfahrenen OM Kopfzerbrechen bereiten.

Das liegt vor allem an der kniffligen Aufgabe, die Länge von Strahler und Feeder so zu wählen, dass alle Bänder gleichermaßen gut „bedient“ sind.

Ab der ersten Version (siehe /1/) habe ich zahlreiche Verbesserungen eingeführt:

- die einzelnen Antennenprojekte lassen sich in Dateiform (*.dzt) abspeichern und müssen nicht mehr mühselig nach jedem Programmaufruf neu eingetippt werden
- die Fußpunktimpedanzen des Freiraum-Dipols werden nicht mehr aus einer Tabelle extrapoliert, sondern auf Basis von Integralen der Antennentheorie (siehe /3/ und /6/) für beliebige Längen ermittelt
- verschiedene Kabeltypen für Balun und Feeder sowie Tunertypen stehen zur Auswahl bereit und können editiert oder neu hinzugefügt werden
- anstatt bislang nur für sechs lassen jetzt SWV, Wirkungsgrad und Tunereinstellungen für bis zu 11 Frequenzen gleichzeitig beobachten
- es ist jetzt eine genauere Modellierung der frequenzabhängigen Kabeldämpfung möglich, da bis zu 10 Mess- bzw. Katalogwerte eingegeben werden können
- ein Balun lässt sich wahlweise vor oder nach dem Antennentuner einschleifen, je nachdem, ob man sich für einen symmetrischen oder einen unsymmetrischen Tuner entscheidet
- mit einem "idealen" Tuner lassen sich die SWV-bedingten Zusatzverluste und damit die theoretischen Grenzen des Antennensystems abschätzen
- ein angefügtes Schaltbild der Antennenanlage erleichtert die Übersicht
- Die aktuelle Version 3.0 erlaubt als absolutes Novum jetzt auch unsymmetrisch gespeiste (OCF-) Dipole.

Entscheidend für die Genauigkeit aller Berechnungen sind die Fußpunktimpedanzen $Z_a = R_a + jX_a$ des Dipols. Für deren Ermittlung sind drei Registerkarten in der unteren rechten Ecke des Hauptfensters zuständig:

- "Freier Dipol": Mit diesem theoretischen Modell eines gestreckten Dipols im Freiraum beginnt jedes(!) neu angelegte DZR-Projekt. Meist reicht dieses für grundlegende Untersuchungen aus.
- "Feeder-Eingangsimpedanz": Hat man die Eingangsimpedanz des Feeders mit einem Antennenanalysator gemessen, können hier die theoretischen Fußpunktimpedanzen des Dipols korrigiert werden.
- "Dipol-Fußpunktimpedanz": Wer die Fußpunktimpedanzen des Dipols mit einem Antennen-Simulationsprogramm (z.B. EZNEC oder MMANA-GAL) ermittelt hat, kann hier diese Werte eintragen.

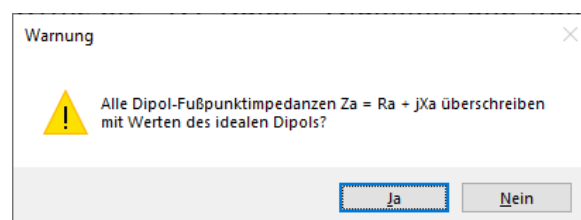
Beispiel 1 - Doppelzepp mit unsymmetrischem Koppler

Ein gestreckter 2x22m-Dipol aus 1,5mm dickem Draht, unter idealen Bedingungen im Freiraum aufgehängt, soll über halboffene Bandleitung Wireman CQ553flex gespeist werden, die mindestens 5m lang sein muss, aber zu Abstimmungszwecken bis auf max. 15 Meter verlängert werden könnte.

Als Antennenkoppler steht ein Tiefpass-Pi-Koppler SG230 (Collinsfilter) zur Verfügung. Um eine Symmetrierung zu erzwingen, liegt zwischen Tuneraus- und Feedereingang ein 1:1-Strombalun (sog. "Balun für undefinierte Impedanzen"), der aus dünnem Koaxkabel RG316U besteht (Wicklungslänge = 1m).

Finde eine optimale Länge des Feeders für die Bänder 160m, 80m, 40m, 20m, 15m und 10m!

- Öffne mit *Datei/Neu* ein neues DZR-Projekt.
Du siehst auf dem Schaltbild die Startkonfiguration, bei der die PA direkt mit einer 50Ohm Dummyload verbunden ist, die den Dipol ersetzt. Demzufolge herrschen auf allen Bändern ideale Verhältnisse (SWR = 1,0; Wirkungsgrad 100%)
- In der linken Spalte der Matrix sind bereits die 11 wichtigsten Frequenzen eingetragen. Die nicht benötigten Frequenzen kannst Du mit einer 0 (Null) überschreiben (das spart Rechenzeit).
- Nun positioniere die ersten beiden Klappboxen am oberen Fensterrand mit dem Button "<=>" in der Reihenfolge **Tuner , 1:1 Balun**.
- Öffne die "Tuner"-Klappbox und wähle **SG230**.
- Öffne die "1:1-Balun"-Klappbox und wähle den mit 1m **Ltspr.Kabel** gewickelten Balun. Dieses Kabel hat etwa die gleichen Daten wie die normalerweise verwendeten 2 parallelen Teflon-Drähte.
- Öffne die "Feeder"-Klappbox und treffe die Auswahl **CQ553**.
- Wähle unten rechts die Registerkarte **Freier Dipol** um die Parameter für eine 44m langen Dipol im Freiraum einzugeben.
Du siehst, dass der Wert für die Gesamtlänge Null (0) ist, das heißt, ein Dipol ist zunächst nicht angeschlossen, sondern durch eine 50Ohm Dummyload ersetzt.
- Trage die Gesamtlänge 44m ein und einen Drahtdurchmesser von 1,5mm.
- Lege den Speisepunkt mit 50% fest, denn Du hast einen symmetrischen Dipol.
- Klicke den Button **Aktualisieren**. Es erscheint eine Warnung:



Klicke auf "Ja" und die Spalten **R_a** und **jX_a** der Ergebnismatrix werden mit den Werten der Fußpunktimpedanz Z_a des Dipols gefüllt.

- Klicke ganz unten links den Button **Berechnung starten**.
- Von den angezeigten Ergebnissen interessiert vor allem der Wirkungsgrad (Transmission), d.h., die Länge der grünen Balken.
Diese zeigen an, wie viel Prozent der maximal verfügbaren PA-Leistung im Strahlungswiderstand R_a des Dipols umgesetzt werden können.

Doppelzepprechner DZR 3.0

Datei Bauteile Hilfe

Name:

Bemerkung:

Tuner: <=> 1:1 Balun: Feeder:

F(MHz)	SWV	Tuner-Einstellungen			Eingangsimpedanz des Feeders		Fußpunktimpedanz des Dipols		Transmission		Verlust dB
		C1(pF)	L(µH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	
1,85	1,02	5915,0	12,35	265,0	7,31	-253,43	15,81	-958,98		22,28	6,52
3,65	1,03	1715,0	6,35	290,0	1767,2	-572,56	90	175,26		74,92	1,25
0							0	0			
7,1	1,08	2715,0	1,35	440,0	37,7	378,56	10000	-1197,85		39,33	4,05
0							0	0			
14,15	1,04	15,0	0,35	240,0	34,02	-6,94	4211,72	-2161,78		79,54	0,99
0							0	0			
21,1	1,24	2315,0	0,1	665,0	94,37	-434,18	2979,5	-1969,56		40,15	3,96
0							0	0			
28,5	1,19	1315,0	0,1	340,0	1106,35	-1247,22	789,35	-1257,43		41,51	3,82
0							0	0			

Ändere die Länge des Feeders

Schrittweite(m): Länge(m):

< < > >

Ergebnisse löschen

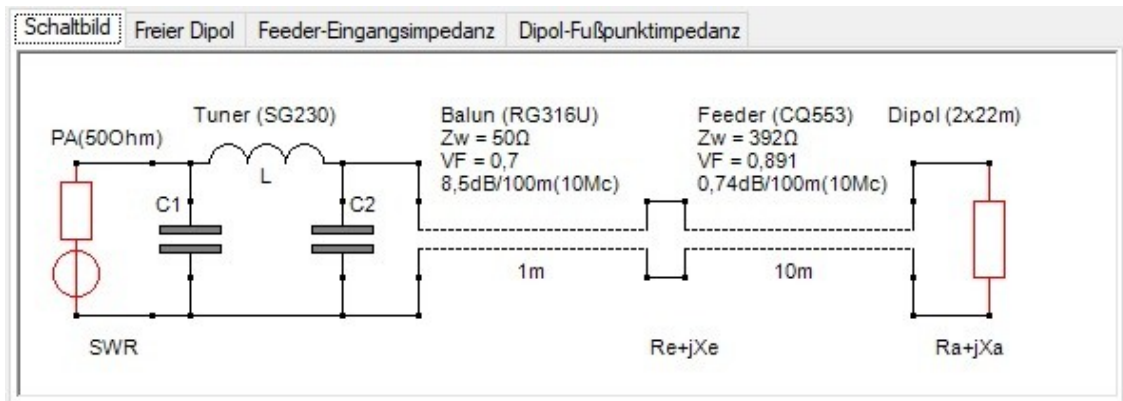
Berechnung starten

Schaltbild: Freier Dipol | Feeder-Eingangsimpedanz | Dipol-Fußpunktimpedanz

10 DL1JWD

- **Allen Bändern recht getan, ist eine Kunst die niemand kann!**
Vergrößere nun mit Klick auf den Button ">" schrittweise die Feederlänge (Du kannst aber auch direkt einen beliebigen Wert eingeben und mit der ENTER-Taste abschließen).
Beim lustigen Auf und Ab der grünen Balken merkst Du, dass diese bei höheren Frequenzen weitaus empfindlicher auf Längenänderungen reagieren als bei niedrigen und dass Verbesserungen des Wirkungsgrads bei einer Frequenz bei anderen Frequenzen zu Verlusten führen. Die Feederlänge 14m scheint z.B. ein günstiger Kompromiss zu sein.
- Für jede Frequenz lassen sich auch das senderseitige SWR, die Einstellungen der Schaltelemente des Antennenkopplers (C1, L, C2) und die Eingangsimpedanz ($Re+jXe$) des Feeders ablesen.

- Das Schaltbild im unteren Teil liefert einen schnellen Überblick der Antennenanlage. Der Balun wird als normales Kabelstück abgebildet, da sich seine Windungszahl bzw. Induktivität nur auf die Gleichtaktströme bzw. Mantelwellen auswirkt und für die Anpassungsverhältnisse keine Rolle spielt.



- **Wichtig:** Die 11 Frequenzen in der linken Spalte der Matrix sollte man möglichst gleich zu Beginn (nach *Datei/Neu*) festlegen und später nicht mehr ändern. Muss man später dennoch eine Frequenz ändern bzw. neu hinzufügen, so erscheint das entsprechende Eingabefeld zunächst **rot** hinterlegt. Dies ist der dringende Hinweis, dass Du erneut die Registerkarte *Freier Dipol* aufrufen musst, um auf *Aktualisieren* zu klicken, damit auch die Fußpunktimpedanz R_a und jX_a des Dipols an die neue Frequenz angepasst wird.
- Speichere die Datei unter einem aussagekräftigen Namen und Kommentar ab (Menü *Datei/Speichern unter ...*), z.B. als *Beispiel1.dzr*.

Beispiel 2 - Messungen mit dem Antennenanalysator

Reale Dipole hängen oft nicht frei genug, sind abgewinkelt und/oder ein oder zwei Äste gehen schräg nach unten.

Deshalb kann den bisherigen Beispielen verwendete "Freie Dipol" in der Regel nur grobe Orientierungswerte liefern.

Wie weit letztendlich Theorie und Praxis auseinanderklaffen merkst Du erst aufgrund eigener Messungen mit einem vektoriiellen Antennenanalysator (VNA).

Da man aber nur in seltenen Fällen direkt am Fußpunkt des Dipols messen kann, musst Du das in der Regel am (offenen) Eingang des Speisekabels tun (ohne Balun!).

Der DZR transformiert dann die Messwerte direkt in die Fußpunktimpedanz des Dipols (siehe [Kabelrechner](#)).

Die folgende Tabelle zeigt die von einem befreundeten OM am offenen Eingang eines **3m**-Feeders (Wireman CQ553) gemessenen Impedanzen seiner abgewinkelten 2x22m Doppelzepp:

f(MHz)	1,81		3,51		7,11		14,0		21,025		28,02	
	Re	jXe	Re	jXe	Re	jXe	Re	jXe	Re	jXe	Re	jXe
$Z_e(\Omega)$	5	-650	49	177	36,5	-444	29,6	-136	37	93	170	490

Wir wollen die "theoretischen" Werte des DZR aus Beispiel 1 mit diesen Messwerten korrigieren:

- Lade die DZR-Datei von Beispiel 1 (*Datei/Öffnen*)
- Stelle (unten links) die Feederlänge **bei der Messung** ein (hier **3m**).
- Öffne die Registerkarte **Feeder-Eingangsimpedanz**. Dadurch werden im Hauptfenster die Spalten für Re und jXe zum Editieren freigegeben. Korrigiere hier alle Messwerte nebst zugehörigen Frequenzen (siehe obige Tabelle).
- Nachdem alle Eintragungen abgeschlossen sind, klicke in der Registerkarte *Feeder-Eingangsimpedanz* den Button **Aktualisieren**, um die Messwerte für $Re+jXe$ in die entsprechenden Fußpunktimpedanzen $Ra+jXa$ des Dipols zu transformieren.

Doppelzepprechner DZR 3.0

Datei Bauteile Hilfe

Name: Tuner: 1:1 Balun: Feeder:

Bemerkung: <=>

F(MHz)	SWV	Tuner-Einstellungen			Eingangsimpedanz des Feeders		Fußpunktimpedanz des Dipols		Transmission		Verlust dB
		C1(pF)	L(µH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	
1,81	1,02	4215,0	23,85	115,0	5,0	-650,0	4,43	-889,65	<div style="width: 5.62%;"></div>	5,62	12,5
3,51	1,02	215,0	8,1	390,0	49,0	177,0	41,09	71,18	<div style="width: 88.24%;"></div>	88,24	0,54
0					0	0	0	0			
7,11	1,09	4015,0	0,85	540,0	36,5	-444,0	306,54	-1700,36	<div style="width: 33.95%;"></div>	33,95	4,69
0					0	0	0	0			
14	1,17	1315,0	0,35	290,0	29,6	-136,0	394,26	-1447,54	<div style="width: 74.24%;"></div>	74,24	1,29
0					0	0	0	0			
21,025	1,4	115,0	0,85	40,0	37,0	93,0	313,99	-1090,44	<div style="width: 84.2%;"></div>	84,2	0,75
0					0	0	0	0			
28,02	1,43	1415,0	0,1	315,0	170,0	490,0	228,76	-612,79	<div style="width: 49.17%;"></div>	49,17	3,08
0					0	0	0	0			

Ändere die Länge des Feeders

Schrittweite(m): Länge(m):

< < > >

Ergebnisse löschen

Berechnung starten

Schaltbild Freier Dipol Feeder-Eingangsimpedanz Dipol-Fußpunktimpedanz

SWR Re+jXe Ra+jXa

10 DL1JWD

- Jetzt kannst Du die Feederlänge schrittweise verändern, bist Du eine optimale Länge gefunden hast.
- Speicher das Beispiel unter neuem Namen ab (*Datei/Speichern unter...*). Evtl. vorher unter "Bemerkungen" noch ein Hinweis, dass die Za nicht direkt vom "Freien

Dipol" sind, sondern gemessen wurden.

Beispiel 3 - Doppelzepp mit symmetrischem Koppler

Du möchtest auf den "Balun für undefinierte Impedanzen" verzichten und einen symmetrischen Koppler einsetzen (BX-1200) mit vorgeschaltetem 1:1-Strombalun einsetzen.

Die Vorgehensweise entspricht dem Beispiel 1, nur bei folgenden Schritten gibt es Unterschiede:

- Positioniere die ersten beiden Klappboxen am oberen Fensterrand mit dem Button "<=>" in der Reihenfolge **1:1 Balun, Tuner**.
- Öffne die "Tuner-Klappbox" und klicke auf **BX-1200**.

Die Ergebnisse enttäuschen nicht, auf allen Bändern gibt es starke Verbesserungen.

Doppelzepprechner DZR 3.0

Name:

Bemerkung:

1:1 Balun: Tuner: Feeder:

F(MHz)	SWV	Tuner-Einstellungen			Eingangsimpedanz des Feeders		Fußpunktimpedanz des Dipols		Transmission		Verlust
		C1(pF)	L(µH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	
1,81	1,12	4335,0	45,04	15,0	5,05	-540,16	4,43	-889,65	<div style="width: 95%; background-color: green;"></div>	27,29	5,64
3,51	1,02	15,0	10,84	348,0	59,65	260,54	41,09	71,18	<div style="width: 98%; background-color: green;"></div>	92,74	0,33
0							0	0			
7,11	1,04	616,5	4,84	15,0	21,87	-221,4	306,54	-1700,36	<div style="width: 95%; background-color: green;"></div>	84,5	0,73
0							0	0			
14	1,01	15,0	1,88	147,0	30,16	130,36	394,26	-1447,54	<div style="width: 95%; background-color: green;"></div>	89,12	0,5
0							0	0			
21,025	1,09	15,0	3,36	24,0	290,72	1008,77	313,99	-1090,44	<div style="width: 95%; background-color: green;"></div>	87,05	0,6
0							0	0			
28,02	1,09	87,0	1,36	15,0	157,25	-454,93	228,76	-612,79	<div style="width: 95%; background-color: green;"></div>	89,57	0,48
0							0	0			

Schrittweite(m) Länge(m)

Fenster immer oben

10 DL1JWD

Das dürfte manchen Skeptiker davon überzeugen, doch noch für einen symmetrischen Koppler zu

sparen.

Die Analyse mit dem AMA-Tool gibt Entwarnung - der Balun wird sich diesmal kaum erwärmen. Das ist kein Wunder, hat er doch nicht, wie sein Vorgänger, mit hohen SWR-bedingten Zusatzverlusten zu kämpfen.

Beispiel 4 - Doppelzepp mit echter Hühnerleiter

Gönnt Du Dir statt des CQ553-Bandkabels eine echte **Hühnerleiter**, übersteigt endlich auch der Wirkungsgrad auf dem 160m-Band die 50%-Grenze.

Dazu musst Du die HL aber auf 17,5m verlängern.

Die Spannung am Fußpunkt des Dipols erreicht hierbei den Rekordwert von 2,2kV, das kannst Du mit dem AMA-Tool nachprüfen.

Beispiel 5 - Vergleich der JWD-Antenne mit Ergebnissen von MMANA-GAL

Die mit dem Tool [Multi-Resonance-Finder](#) (MRF) gefundene JWD-Antenne ist ein 73,8m langer Dipol, der bei 30% seiner Gesamtlänge mit 9m halboffenem Wireman-Bandkabel CQ553 gespeist wird und (zumindest im Freiraum) auf 6 Bändern resonant ist.

Aufgrund ihrer Länge scheint diese Antenne besonders für Fielddays geeignet zu sein.

Wie sind die Ergebnisse, mit den vom Simulationsprogramm MMANA-GAL ermittelten Fußpunktimpedanzen in 7m Höhe?

- Wir entwerfen die Antennen zunächst als "Freier Dipol" und sehen, dass sie tatsächlich 6 Resonanzen hat (160m, 80m, 40m, 15m, 12m und 6m).
- Nun lassen wir uns von MMANA-GAL die Fußpunktimpedanzen des Dipols in 7m Höhe und realen Bodenverhältnissen berechnen und öffnen anschließend im DZR die Registerkarte "Dipol-Fußpunktimpedanz" und tragen diese Werte ein. Die Feederlänge wird dabei automatisch auf 0 eingestellt.
- Erwartungsgemäß werden die Abweichungen zum "Freien Dipol" immer größer, je niedriger die Frequenz ist, da der Boden zunehmend an Einfluss gewinnt. Nach Klick auf "Aktualisieren" verfehlen deshalb die unteren Bänder 160m und 80m die Resonanzbedingung $SWR \leq 2$ mehr oder weniger deutlich. Das SWR bleibt trotzdem unter 10, sodass nach Einschalten eines Tuners auf allen Bändern gute bis sehr gute Wirkungsgrade erzielt werden:

Doppelzepprechner DZR 3.0

Datei Bauteile Hilfe

Name: Beispiel 5.dzr
 Bemerkung: 7m Höhe MMANA-GAL realer Boden

Tuner: LDG11MP
 1:1 Balun: Ltspr.-Kabel
 Feeder: CQ553

F(MHz)	SWV	Tuner-Einstellungen			Eingangsimpedanz des Feeders		Fußpunktimpedanz des Dipols		Transmission		Verlust
		C1(pF)	L(µH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	
1,85	1,01	3660,0	2,7	15,0	8,35	-17,68	7,89	-182,8		70,79	1,5
3,65	1,03	1245,0	0,2	15,0	15,11	7,61	23,45	-366,5		77,69	1,1
5,36	1,07	915,0	5,2	15,0	22,62	-245,41	842,5	2917		60,07	2,21
7,1	1,05	15,0	2,3	390,0	25,56	58,72	445,7	-1655		81,99	0,86
10,1	1,07	180,0	2,6	15,0	199,36	-368,67	99,17	67,48		83,18	0,8
14,15	1,08	120,0	2,2	15,0	1016,77	273,2	1114	-106		79,56	0,99
18,12	1,14	15,0	0,9	45,0	251,52	122,94	224,3	-65,15		89,93	0,46
21,1	1,06	15,0	0,5	105,0	62,68	22,35	525,2	-988,5		88,32	0,54
24,9	1,06	15,0	0,4	60,0	114,97	18,85	377,4	518,9		90,77	0,42
28,5	1,13	120,0	0,6	15,0	470,18	273,95	661,1	218,5		81,4	0,89
50	1,2	15,0	0,2	15,0	101,82	86,14	227,7	-447,7		83,8	0,77

Ändere die Länge des Feeders

Schrittweite(m): 0,1 Länge(m): 9

Ergebnisse löschen

Berechnung starten

Schaltbild: Freier Dipol, Feeder-Eingangsimpedanz, Dipol-Fußpunktimpedanz

10 DL1JWD

Beispiel 6 - Die Idee mit dem idealen Tuner

In der Tunerliste (Menü *Bauteile / Tuner*) findet sich auch ein **Idealer Tuner** (Schreibweise genau beachten!), obwohl jeder weiß, dass es einen völlig verlustfreien Tuner, mit dem jede Antenne auf ein $SWR = 1,0$ abgleichbar ist, nur im Reich der Phantasie gibt.

Trotzdem habe ich dieses rein theoretische Gebilde mit aufgenommen, denn es verhilft uns zur Einschätzung des maximal möglichen Wirkungsgrads, den das Antennensystems für die gewünschten Frequenzen überhaupt erreichen kann, egal welchen Tuner wir verwenden.

Wir werfen nochmals einen Blick auf Beispiel 5 (JWD-Antenne) und wählen den "Idealer Tuner" und sehen, dass auf dem 160m-Band der Wirkungsgrad bei ca. 70% stehen bleibt. Das ist der theoretische Bestwert, mehr ist nicht drin, denn einen noch höheren Wirkungsgrad verhindern die SWR-bedingten Zusatzverluste im Feeder.

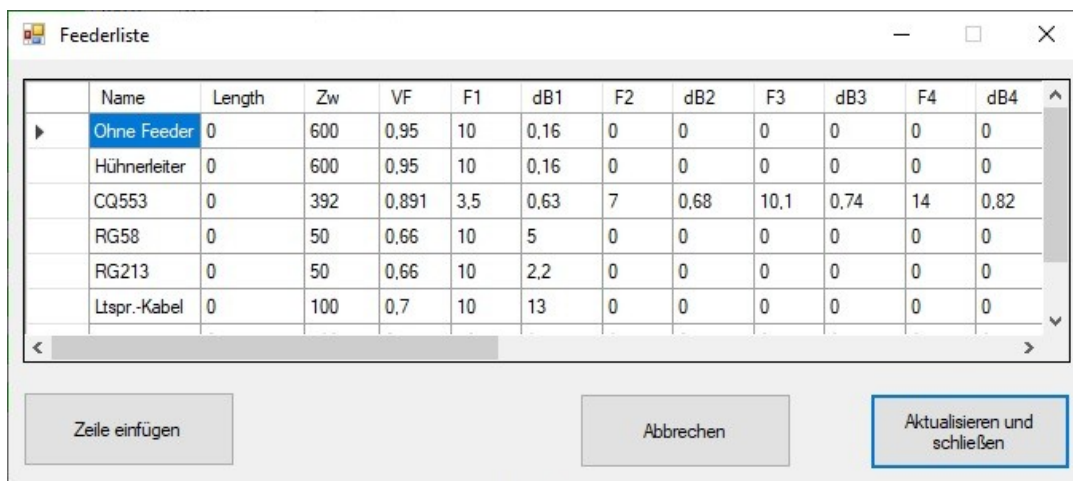
Eingabe neuer Bauelemente

Die allgemein verfügbaren Tuner-, Balun- und Feedertypen sind in der Datei **Template.dzr** enthalten, die nach *Datei/Neu* automatisch geladen wird. Falls *Template.dzr* nicht vorhanden ist, werden vom Programm nur einige wenige Standardtypen bereitgestellt.

Die im DZR grundsätzlich verwendeten Maßeinheiten sind **MHz, Ohm, μ H, pF, dB** und Meter(**m**).

Neue Kabeltypen aufnehmen

- Lade über das Menü *Datei/Öffnen* die Datei *Template.dzr*.
Im Unterschied zu den anderen DZR-Dateien befindet sich *Template.dzr* im Wurzelverzeichnis des Programms.
- Öffne das Fenster "Feederliste" (Menü *Bauteile/Feeder*).
Das Datengitter lässt sich einfach bearbeiten:
Um einen neuen Kabeltyp hinzuzufügen, klicke auf den breiten linken Rand der untersten Zeile und trage zunächst *Name*, *Zw(Ohm)* und den Verkürzungsfaktor *VF* ein.



	Name	Length	Zw	VF	F1	dB1	F2	dB2	F3	dB3	F4	dB4
▶	Ohne Feeder	0	600	0,95	10	0,16	0	0	0	0	0	0
	Hühnerleiter	0	600	0,95	10	0,16	0	0	0	0	0	0
	CQ553	0	392	0,891	3,5	0,63	7	0,68	10,1	0,74	14	0,82
	RG58	0	50	0,66	10	5	0	0	0	0	0	0
	RG213	0	50	0,66	10	2,2	0	0	0	0	0	0
	Ltspr.-Kabel	0	100	0,7	10	13	0	0	0	0	0	0

Buttons: Zeile einfügen, Abbrechen, Aktualisieren und schließen

- Der Länge (*Length*) eines Feeders brauchst Du keinen Wert zuzuweisen, denn dieser wird später sowieso mit Deinen neuen Eingaben überschrieben.
- Für die frequenzabhängige Kabeldämpfung benötigst Du zumindest einen Messpunkt (Frequenz in MHz und Dämpfung in dB/100m), der in der Regel den Katalogangaben des Herstellers zu entnehmen ist. Dieses Pärchen trägst Du z.B. bei F1 und dB1 ein (auch bei F2/dB2 o.ä. wäre möglich).
- Das Eintragen weiterer Messpunkte ergibt nur dann einen Sinn, wenn sich diese im betrachteten Frequenzbereich der Antenne befinden.
Um die Dämpfung für eine bestimmte Frequenz zu berechnen, sucht sich das Programm den nächstliegenden Messpunkt und interpoliert von dort aus nach der Wurzelmethode.
- Um eine Zeile zu entfernen, klickst Du auf den linken Rand und drückst die *Entf*-Taste.
- Über den Button "Aktualisieren und schließen" kehrst Du zum Hauptfenster zurück.

- Beim unsymmetrischen Koppler SG-230 lassen sich dessen 6 Trx-seitige C sich von 15pF ... 6320pF in 100pF-Schritten kombinieren.

Die acht Induktivitäten überstreichen den Bereich von 0,1µH ... 64µH mit einer Abstufung von 0,25µH. Die 5 antennenseitigen C gehen von 15pF ... 775pF mit 25pF Schrittweite. Insgesamt sind also mehr $64 \times 256 \times 32 = 524.288$ verschiedene Einstellungen möglich, die in drei ineinander verschachtelten Schleifen vom Programm durchfahren werden.

Dabei wird die Einstellung gefunden, die bei bekannter Abschlussimpedanz das kleinste Trx-seitige SWV, unter Berücksichtigung der Verluste in Spule (QL) und Kapazitäten (QC) ergibt.

Jeder nicht allzu lahme PC schafft die bei diesem Kopplertyp erforderliche halbe **Million** Schleifendurchläufe in Bruchteilen einer Sekunde!

- Einige Tuner, wie z.B. der LDG11MP, gehören zu den "unechten" Collinsfiltern (LC-Tuner), d.h., es gibt nur eine abstimmbare Kapazität (C1), die je nach Bedarf vor oder hinter dem L angeschlossen wird.

Damit das Programm erkennt, dass es sich um ein "unechtes" CF handelt, sind in der "List of Tuners" die Werte für C2max und dC2 auf Null zu setzen.

C2min repräsentiert dabei die ausgangsseitige minimale (parasitäre) Kapazität.

- Einen **symmetrischen Koppler** musst Du zunächst in einen unsymmetrischer Koppler "umwandeln".

Nehmen wir als Beispiel den über den FA erhältlichen **BX- 1200**:

Jede seiner beiden L-Dekaden erreicht einen Maximalwert von 34,25µH (alle Relaiskontakte offen), die Abstufung jeder Dekade beträgt 0,02µH, die Restinduktivität 0,2µH.

Der größte Wert der C-Dekade (alle Relaiskontakte geschlossen) beträgt 4335,5pF, der kleinste schaltbare Wert 1,5pF. Ein- und Ausgangskapazität werden mit je 15pF angesetzt.

In das Datengitter des BX-1200 sind deshalb die folgenden Werte einzugeben:

$L_{min} = 0,4\mu H$; $L_{max} = 68,5\mu H$; $dL = 0,04\mu H$;

$C1_{min} = 15pF$; $C1_{max} = 4335,5pF$; $dC1 = 1,5pF$; $C2_{min} = 0$;

$C2_{max} = 0$; $dC2 = 0$; ("unechtes" Collinsfilter).

$QL = 250$; $QC = 1000$; (mittlere Güten der Spulen bzw. Kondensatoren)

Die vom DZR angezeigten Berechnungsergebnisse für C1, L, C2 beziehen sich immer auf einen unsymmetrischen Tuner und müssen im Nachhinein von Dir als symmetrische Werte interpretiert werden, z.B. $L = 5,8\mu H$ bedeutet dann 2,9µH pro Zweig.

- Anders strukturierte Tunertypen, wie z.B. der bekannte [Christiankoppler](#), der auch als Hochpass funktioniert, lassen sich über einen Umweg einbinden. Wer nicht über einen Pi-, sondern über einen T-Koppler verfügt, kann die Werte mit dem Tool [Pi- vs T-Koppler](#) umrechnen.

Weitere Hinweise

- Wenn Du für den Dipol die Gesamtlänge 0 eingibst, wird der Dipol automatisch durch eine 50Ohm-Dummyload ersetzt.
- Die in früheren Versionen noch vorhandene Einstellung "No Feeder" ist nicht mehr vorhanden, da durch Eingabe der Feederlänge 0 (Null) derselbe Effekt erzielt wird.

- Du kannst es im Windows-Explorer so einstellen, dass nach Doppelklick auf eine *.dzt-Datei automatisch der DZR aufgerufen wird.
- Um Datenverlust zu vermeiden ist es ratsam, eine Kopie der Basisdatei *Template.dzt* an anderer Stelle zu sichern, um sie nach ihrer evtl. Zerstörung wieder ins Anwendungsverzeichnis kopieren zu können. Ansonsten musst Du *Template.dzt* mit *Datei/Neu* neu anlegen und mit Daten für Tuner, Feeder und Baluns füttern.
- Ein niedriger Wirkungsgrad (Transmission) bei gleichzeitig perfektem SWR muss immer misstrauisch machen, irgendwo (Tuner, Balun, Feeder) muss die Leistung ja verlorengegangen sein.
Das [AMA-Tool](#) ist für die Verlustanalyse eine nützliche Ergänzung zum DZR.
- Ein symmetrischer Koppler (z.B. "Christian-Koppler" oder BX-2000) mit vorgeschaltetem 1:1-Balun ist immer die erste Wahl und bringt in der Regel auf allen Bändern deutlich höhere Wirkungsgrade als ein unsymmetrischen Koppler mit nachgeschaltetem "Balun für undefinierte Impedanzen".
Letztere Variante verlangt außerdem eine besonders sorgfältige Optimierung der Feederlänge, da ansonsten die Gefahr besteht, dass der Balun durch Überhitzung zerstört wird. Dieser kann, trotz eines sehr guten SWV am Senderausgang, erhebliche Teile der Sendeenergie vernichten.
- Im Unterschied zum "Balun für unbestimmte Impedanzen" ist ein zwischen PA und Tunereingang eingeschleifter so genannter "Strombalun" beidseitig mit 50Ohm abgeschlossen, was einen verlustarmen Betrieb ermöglicht. Zur Analyse seiner Sperrdämpfung für Mantelwellen kann der [Spulenrechner](#) eingesetzt werden.

Fragen und Antworten

Einige OMs hatten sich freundlicherweise zum Testen des DZR bereit erklärt, vielen Dank, denn dadurch konnte ich noch einige Dinge verbessern! Hier die Antworten auf die wichtigsten Fragen:

Ich habe einen neuen Tuner zur Basisdatei Template.dzt hinzugefügt, in meinen bereits vorhandenen DZR-Dateien ist er aber über das Bauteile/Tuner-Menü nicht verfügbar.

- Der neue Tuner erscheint nur in allen danach mit *Datei/Ne* angelegten DZR-Dateien. Um ihn auch in einer bereits vorhandenen DZR-Datei verfügbar zu machen, musst Du ihn dort nochmals direkt über das *Bauteile/Tuner*-Menü eintragen.
- Diese Vorgehensweise gilt auch für neue Baluns und Feeder.

Ich habe bereits mit dem alten DZR 1.2 gearbeitet. Wieso erhalte ich mit der neuen Version abweichende Ergebnisse, wenn ich Wiremann-Bandkabel CQ553 verwende?

- In den Versionen 1.x des DZR wurden die Dämpfungswerte des CQ553 für eine bestimmte Frequenz f noch nach der vereinfachten Methode interpoliert, ausgehend von einem einzigen Messpunkt (Dämpfung bei 10MHz):

$$a(\text{dB})_f = a(\text{dB})_{10\text{MHz}} * \sqrt{\frac{f}{10}}$$

- In der aktuellen Version finden die in /2/ veröffentlichten Daten des CQ553 mit mehreren Messpunkten Berücksichtigung, die eine wesentlich genauere Interpolation für die dazwischenliegenden Frequenzen ermöglichen.

Wie berechnet der DZR die Fußpunktimpedanzen?

- Nehmen wir die Doppelzepp aus *Beispiel1* als Vorbild, sie bezieht sich auf einen 2x22m-Dipol, gefertigt aus DX-Wire Premium - Antennendraht mit einem Querschnitt von 1,2mm². Für das 160m- und das 80m-Band gilt dieser Dipol als „kurz“ und es wird zur Berechnung des Realteils R_a der Fußpunktimpedanz das aus der Antennentheorie bekannte und z.B. auch in /3/ gezeigte Integral verwendet, welches im Längenbereich $l/\lambda < 0,38$ anwendbar ist (l = Halblänge des Dipols):

$$R_a = \frac{120 \Omega}{\sin^2 2\pi \frac{l}{\lambda}} \int_{\varphi=0}^{\pi/2} \frac{[\cos(2\pi \frac{l}{\lambda} \sin \varphi) - \cos 2\pi \frac{l}{\lambda}]^2}{\cos \varphi} d\varphi, \quad \frac{l}{\lambda} \lesssim 0,38$$

- So "furchterregend" dieses Integral auch aussehen mag, die numerische Lösung bereitet im PC-Zeitalter keine Probleme. Für die Ermittlung des Blindanteils X_a habe ich ebenfalls Näherungsformeln aus /3/ implementiert.
- Für längere Antennen sind Integrale aus /6/ implementiert, wie sie auch die Berechnungsgrundlage für meinen [Antennenrechner](#) liefern.
- Die Maximalwerte für R_a und X_a sind aus praktischen Gründen auf 10kOhm begrenzt.
- Insbesondere im sehr niederohmigen Bereich (unterhalb 10Ohm) sind die Messwerte der Amateur-VNAs mit Vorsicht zu genießen. Hier hilft es, z.B. zwei induktivitätsarme 10Ohm-Widerstände symmetrisch in Reihe zu legen. Den Analysator keinesfalls in der Hand halten, sondern diesen z.B. mit einer dicken nichtleitenden Unterlage auf einen Tisch zu legen. Natürlich muss der Feeder möglichst senkrecht vom Dipol abgeführt werden, um Strahlungskopplung zu vermeiden, die die Messwerte erheblich verfälschen kann.

Wieso ist der Feeder im Schaltbild plötzlich verschwunden?

- Wundere Dich nicht, denn der Feeder hat dann wahrscheinlich die Länge 0 (null), ist also quasi nicht mehr vorhanden. Folgerichtig wird er in der Zeichnung nur noch als normale Drahtverbindung dargestellt. Die Eingangsimpedanz des Feeders $R_e + jX_e$ entspricht in einem solchen Fall exakt der Fußpunktimpedanz $R_a + jX_a$ des Feeders.

Was ist beim Balun zu beachten?

- Die Größe der Drosselinduktivität des Baluns hängt zunächst davon ab, ob Du den Balun vor oder nach dem Antennenkoppler einschleifst (diese Entscheidung sollte gleich zu Beginn mit dem Button "<=>" getroffen werden).
- Ein zwischen (unsymmetrischem) Tuner und Feeder eingeschleifter Balun ist auch unter der Bezeichnung "Balun für undefinierte Impedanzen" bekannt geworden. An seine Sperrwirkung werden deutlich höhere Anforderungen gestellt, als für einen Balun, der sich auf dem niederohmigen Weg zwischen PA-Ausgang und (symmetrischem) Tuner befindet.

- Durch Vergleiche verschiedener Konfigurationen sieht man, wie sehr der Wirkungsgrad unter der Verwendung eines "Baluns für undefinierte Impedanzen" leidet.
- Bist Du glücklicher Besitzer eines symmetrischen Kopplers, so positioniere grundsätzlich die ersten beiden Klappboxen am oberen Fensterrand mit dem Button "<=>" in der Reihenfolge **Balun-Tuner**, anderenfalls in umgekehrter Reihenfolge.

Kann ich mit dem DZR auch andere Antennen simulieren?

- Im Korrekturmodus (Registerkarten "Feeder-Eingangsimpedanz" oder "Dipol-Fußpunktimpedanz") ist es letztendlich egal, welche Art von Antenne hinten dranhängt (es könnte z.B. auch eine GP sein oder ein beliebiger anderer komplexer Lastwiderstand), entscheidend sind letztendlich die Fußpunktimpedanzen $R_a + jX_a$.
- Mit den Einstellungen "Ohne Tuner" und "Ohne Balun" lässt sich z.B. die PA auch direkt über den Feeder mit der Antenne verbinden.

Mein DZR rechnet und rechnet und kommt nicht zum Ende. Was habe ich falsch gemacht?

- Wahrscheinlich hast Du einen neuen Tunertyp mit unsinnigen Werten hinzugefügt, sodass das Programm sich in einer **Endlosschleife** befindet oder Du hast zu feine Abstufungen ($\Delta C1$, $\Delta C2$, ΔL) gewählt, sodass die Berechnungen minutenlang dauern. Über den Windows-Task-Manager kannst Du den vorzeitigen Abbruch erzwingen.

Korrespondenzen

Tuner-Definition

Hallo Walter,

Ich habe bisher meine Doppelzepp Antennen immer mit dem Programm Version 1.3 gerechnet, nun möchte ich diese mit der neuen Version optimieren.

Leider habe ich ein Problem mit der Definition des von mir verwendeten SINGLE ENDED BALANCED L-Network Tuner Typ Palstar BT1500A.

Das System besteht einem 1:1 Strom Balun mit nachgeschaltetem vollsymmetrischen System aus 2 x 22uH Rollspule und einem Drehkondensator 10-1000pF den man vor das L (HP, LowZ) oder hinter das L (TP, HighZ) schalten kann.

Wie kann ich diesen Tuner in der Version 2 definieren?

Die Berechnung eines Vertikalen Doppelzepp 2x7,5m mit 23,60m CQ553 auf 18m GFK Mast war sehr genau, auch ein horizontaler DZ mit 2x20,42m und 23,9m CQ553 hat einwandfrei funktioniert.

Ein DZ für 160m/80m mit 2x39m und 23,9m CQ553 (10m Höhe) lässt sich mit dem Tuner aber -trotz guter Rechenwerte in V1. 3- überhaupt nicht gut anpassen wohl aber mit einem MFJ-976 Tuner gibt es kein Problem.

Über eine Rückmeldung von Ihnen würde ich mich sehr freuen, der CQWW Contest ist nicht mehr weit...

Vy 73 de Rolf, DL4SKF

Dr OM Rolf, tnx für das Feedback!

Ich nehme mal an, dass der BT1500A vom Prinzip ähnlich aufgebaut ist wie der LDG11MP, nur symmetrisch und analog abstimmbar.

Analoges Abstimmverhalten kann man durch sehr kleines dC und dL ziemlich gut nachbilden, die Induktivitäten sind beim symm. Tuner zu addieren.

Wie Du siehst, lässt sich Deine 2x39m DZ super abstimmen!

Der Wirkungsgrad ist aber auf dem 80m-Band nur ca. 50%, weil dort die Antenne zu hochohmig wird. Hier kannst Du vielleicht durch Längenänderung noch was rausholen (siehe *DL4SKF.ant* im Downloadarchiv). Viel Erfolg beim Contest und 73!
de Walter dl1jwd.darc.de

List of Tuners

Name	C1min	C1max	dC1	Lmin	Lmax	dL	C2min	C2max	dC2	QL
No Tuner	0	0	1E-05	1E-05	1E-05	1E-05	0	0	0,001	25000
SG230	15	6320	100	0,1	64	0,25	15	775	25	250
LDG11MP	15	3840	15	0,1	25,6	0,1	15	0	0	250
BX-1200	15	4335	10	0,1	34,25	0,05	15	0	0	250
▶ BT1500A	10	1000	1	0,1	44	0,1	10	0	0	250
*										

Buttons: Insert Row, Close and Cancel, Close and Update

DL1JWD-Doublet-Calculator 2.1

File Devices Antenna Help

Filename: DL4SKF.ant
Comment:

1:1 Balun: RG316U Tuner: BT1500A Feeder: CQ553

f(MHz)	SWR	C1(pF)	L(µH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Transmission	%	dB
1,8	1,01	10,0	22,0	548,0	127,61	387,96	60,44	-79,35		88,79	0,52
3,65	1,02	10,0	13,7	361,0	17,94	192,11	8211,63	10000		49,3	3,07
7,1	1,01	123,0	8,5	10,0	64,72	-436,17	1219,94	2674,62		70,55	1,52
10,1	1,01	10,0	1,9	191,0	89,31	147,47	213,43	532,59		86,49	0,63
14,15	1,06	10,0	1,2	21,0	72,95	-125,26	318,87	785,85		83,39	0,79
18,1	1,02	10,0	2,8	18,0	364,4	-794,07	405,14	935,6		79,62	0,99
21,1	1,04	10,0	1,2	28,0	235,3	-260,59	140,62	0,31		88,3	0,54
24,9	1,05	10,0	1,4	32,0	735,05	401,8	143,71	-38,36		86,83	0,61
28,5	1,15	10,0	0,5	28,0	131,18	-112,42	157,01	-244,74		85,07	0,7
50	1,1	61,0	1,3	10,0	547,6	1727,85	10000	10000		27,35	5,63

Change Length of Feeder: Step (m) 0,5 Length (m) 23,9

Start

Diagram: PA(50Ωhm) - Balun (RG316U) Zw = 50Ω VF = 0,7 8,5dB/100m(10Mc) - Tuner (BT1500A) C1, L/2, C2, L/2 - Feeder (CQ553) Zw = 392Ω VF = 0,891 0,74dB/100m(10Mc) - Dipol (2x39m) Ra+jXa

SWR, Re+jXe, Ra+jXa

10 DL1JWD

ZS6BKW "Wunderantenne"

Sehr geehrter OM Walter,

in den Erklärungen zu deinem tollen Doppelzepprechner steht auch folgendes:

"Eine unangenehme Überraschung bereitet allerdings der in der etablierten Afu-Literatur umfänglich gepriesene "Balun für undefinierte Impedanzen", der mehr als die Hälfte der Sendenenergie vernichtet (55,3%). Die höchste Spannung tritt direkt am Fußpunkt des Dipols auf (ca. 1kV bei 100W-Sendeleistung!)".

Ich habe dazu folgende Fragen:

- hat der Balun nach DG0SA deiner Meinung nach einen "Konstruktionsfehler" oder ist er nur in dieser Konfiguration unzuweckmäßig?
- Welcher Balun wäre an dieser Stelle besser?

Ich baue mir z.Zt. eine ZS6BKW-Antenne, die ich eigentlich mit einem solchen Balun speisen wollte, jetzt suche ich nach einer Alternative.

Grüße aus der Südheide, Bernd DK2HG

Dr OM Bernd, tnx für das Feedback!

Den "Balun für undefinierte Impedanzen" nach DG0SA will ich nicht verteufeln, er hat keinen "Konstruktionsfehler", sondern ist generell die mit teilweise hohen Verlusten erkaufte Lösung für all diejenigen, die keinen symmetrischen Tuner für ihre Doppelzepp haben.

Zweifelsfrei findet dieser Balun in der [ZS6BKW-Wunderantenne](#) eine besonders sinnvolle Einsatzmöglichkeit. Diese Doppelzepp mit optimierter Strahler- und Feederlänge ermöglicht den verlustarmen Betrieb auf mehreren Bändern auch ohne Tuner.

Die Wicklung eines "Balun für undefinierte Impedanzen" hat typischerweise eine Länge von ca. 1m, das sind ca. 18Wdg (2 isolierte Drähte nebeneinander) auf einen Ferrit-Ringkern (z.B. FT240-31).

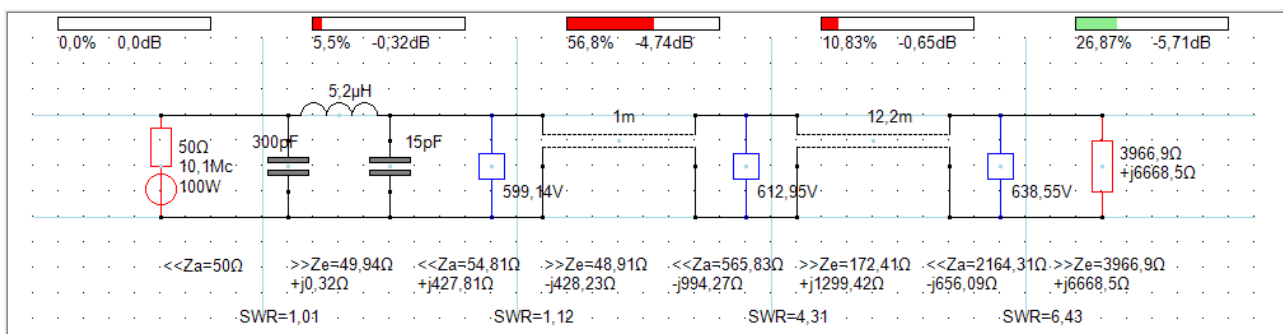
Für die folgende DZR-Simulation habe ich einfachheitshalber das in der DZR-Datenbank bereits vorhandenen Baluntyp "Ltspr.-Kabel" genommen, der in etwa die gleichen Parameter (Z_w , V_F , adB) aufweist.

Die (nur für die Mantelwellen interessante) Induktivität des Baluns spielt bei der Simulation keine Rolle, sie dürfte aber bei ca. $300\mu H$ liegen, was zur Symmetrierung und Mantelwellenunterdrückung (ab 160m-Band) i.d.R. ausreicht.

Unter Hinzunahme eines normalen (unsymmetrischen) Tuners lassen sich weitere Bänder (außer 160m) auf ein brauchbares SWV abstimmen:

Aber Vorsicht! Jeder SWR-Gläubige wird zunächst z.B. über das $SWR=1,01$ auf dem 30m-Band (10,1MHz) hocherfreut sein. Misstrauisch sollte aber der relativ geringe Wirkungsgrad (26,87%) machen.

Das [AMA-Tool](#) zeigt, wo die Leistung verlorengegangen ist:



Mehr als die Hälfte (56,8Watt bei 100Watt Input) sind im "Balun für undefinierte Impedanzen" hängengeblieben, der damit zu einem teuer betriebenen kleinen Heizofen wird!

Mit dem DZR lässt sich leicht nachweisen, dass auch ein normaler Strombalun (RG316U) anstelle eines "Balun für undefinierte Impedanzen" einsetzbar ist.

Ein Verkürzen der Wicklungslänge (hochpermeabler Ferritringkern notwendig) kann die Verluste verringern, was wiederum auf einen Kompromiss mit der Mantelwellenunterdrückung (insbesondere auf den niedrigen Bändern) hinausläuft.

Alle diese Sorgen hat der glückliche Besitzer eines symmetrischen Kopplers natürlich nicht:

Weil die ZS6BW-Wunderantenne tatsächlich ihrem Namen alle Ehre macht, hat sie mich dazu inspiriert, das Tool [MultiResonanceFinder](#) zu programmieren, mit dem jeder seine eigene "Wunderantenne" entwickeln kann.

Viel Spaß beim Experimentieren!

73 de Walter DL1JWD

Literatur

/1/ Doberenz, W., DL1JWD: Optimierung zweidrahtgespeister Dipolantennen per Software", FUNKAMATEUR 7/17, S. 624-629

/2/ Neibig, U., DL4AAE: Dämpfung und Verkürzungsfaktor von Zweidrahtleitungen. FA11/16 S.1034-1039

/3/ Janzen, G., Kurze Antennen. Franckh'sche Verlagshandlung Stuttgart 1986

/4/ Steyer, M., DK7ZB: 1:1-Breitband-Baluns zur Speisung von Zweidrahtleitungen; FA 12/15, S. 1314-1315

/5/ Graubner, N., DL1SNG: Ferngesteuerter symmetrischer Antennenkoppler für 200 W. FUNKAMATEUR 8/2015, S. 864-867

/6/ Kark, K.: Antennen und Strahlungsfelder. Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden 2004