

DZR 4.0 – der neue Doppelzepp-Rechner

Gegenüber den Vorgängerversionen 3.x enthält die aktuelle Version 4.0 meines Doppelzepprechners einige Verbesserungen, die aus den Wünschen der inzwischen zahlreichen Nutzer resultieren:

- Statt des 1:1 Baluns kann optional auch ein 4:1 Balun Verwendung finden.
- Der Balun kann zwischen Tuneraus- und Feedereingang oder aber direkt am Antennenfußpunkt eingesetzt werden.
- Es entfällt die Möglichkeit, den Balun am Tunereingang zu platzieren, was aber kein wesentlicher Nachteil ist, denn der Einfluss eines solchen Baluns auf Verluste und Wirkungsgrad ist vernachlässigbar.

Damit ist nun auch die Optimierung von Systemen mit Balun direkt im Speisepunkt des Dipols möglich, wie z.B. bei Windom-Antennen oder bei Dipolen für SOTA-Aktivitäten..

Beispiel 1: ZS6BKW - Doppelzepp

Der 2x13,75m lange Dipol der bekannten ZS6BKW-"Wunderantenne" wird über 12,5m halboffene 450Ohm-Bandleitung CQ553 von Wireman gespeist und ist (ohne zwischengeschalteten Tuner) über einen so genannten "Balun für undefinierte Impedanzen" mit dem PA-Ausgang verbunden.

- Lade über das *Datei/Öffnen*-Menü die Datei *ZS6BKW.dzr* und klicke unten links den rot beschrifteten Button "Berechnung starten".
- An der Länge der grünen Balken erkennst Du den Wirkungsgrad auf jedem der 11 Afu-Bänder, d.h., wie viel Prozent der maximal verfügbaren PA-Leistung abgestrahlt werden. Auf 5 Bändern "sieht" die PA ein SWR < 2, sodass hier ein Betrieb ohne Antennentuner im Bereich des Möglichen liegt.
- Mit den Navigatorschaltflächen kannst Du die Feederlänge ändern und dabei die grünen Balken beobachten. Dabei wirst Du feststellen, dass die Länge von 12,5m tatsächlich optimal ist.
- Wenn Du in der Klappbox (oben rechts) anstatt des CQ553 eine hochwertige Hühnerleiter einstellst, wirst Du eine Überraschung erleben: SWVs und Wirkungsgrade verschlechtern sich teilweise deutlich!

Doppelzepprechner DZR 4.0 (c) DL1JWD

Name: ZS6BKW.dzr
 Bemerkung: Beispiel 1 auf 5 Bändern ist SWR < 2 siehe FA 7/20 S.604

Tuner: Ohne Tuner
 Balun: Ltspr.-Kabel
 Feeder: CQ553

1:1 1:4 ohne

F(MHz)	Tuner-Einstellungen				Eingangsimpedanz von Balun/Feeder		Fußpunktimpedanz des Dipols		Transmission		Verlust dB
	SWV	C1(pF)	L(µH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	
1,82	291,98				9,65	-371,86	5,18	-1761,42		0,06	32,27
3,65	7,48				13,3	48,81	25,71	-565,64	<div style="width: 100%;"></div>	27,7	5,58
5,36	37,59				484,18	-820,83	69,43	12,99	<div style="width: 100%;"></div>	8,6	10,66
7,1	1,07				53,34	0,87	182,24	623,66	<div style="width: 100%;"></div>	91,06	0,41
10,1	96,13				218,94	-1001,0	3966,89	5000	<div style="width: 100%;"></div>	2,01	16,98
14,15	1,27				43,57	9,26	144,65	-643,14	<div style="width: 100%;"></div>	85,5	0,68
18,1	2,63				86,13	55,27	237,18	636,95	<div style="width: 100%;"></div>	71,67	1,45
21,1	75,7				30,66	-335,6	5000	5000	<div style="width: 100%;"></div>	2,1	16,77
24,9	1,29				57,72	11,45	215,73	-670,96	<div style="width: 100%;"></div>	85,59	0,68
28,5	1,81				62,86	-31,03	197,4	427,11	<div style="width: 100%;"></div>	82,45	0,84
50	1,78				48,2	-28,75	188,93	310,73	<div style="width: 100%;"></div>	80,62	0,94

Ändere die Länge des Feeders
 Schrittweite(m): 0,5 Länge(m): 12,5
 < < > >

Berechnung starten

Fenster immer oben

Schaltbild Freier Dipol Feeder-Eingangsimpedanz Dipol-Fußpunktimpedanz

10 DL1JWD

- Nun kannst Du oben in der linken Klappbox einen bestimmten Antennenkoppler auswählen und beobachten, welche "schlechten" Bänder sich damit zum Leben erwecken lassen.

Doppelzepprechner DZR 4.0 (c) DL1JWD

Name: ZS6BKW.dzr
 Bemerkung: Beispiel 1 auf 5 Bändern ist SWR < 2 siehe FA 7/20 S.604

Tuner: MFJ993
 Balun: Ltspr.-Kabel
 Feeder: CQ553

1:1 1:4 ohne

Tuner-Einstellungen					Eingangsimpedanz von Balun/Feeder		Fußpunktimpedanz des Dipols		Transmission		Verlust
F(MHz)	SWV	C1(pF)	L(µH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	dB
1,82	6,84	15,0	25,8	61,5	9,65	-371,86	5,18	-1761,42		1,61	17,94
3,65	1,03	15,0	3,71	1208,5	13,3	48,81	25,71	-565,64		65,74	1,82
5,36	1,14	15,0	8,33	77,0	484,18	-820,83	69,43	12,99		82,25	0,85
7,1	1,01	15,0	0,35	123,5	53,34	0,87	182,24	623,66		91,02	0,41
10,1	1,19	15,0	8,25	15,0	218,94	-1001,0	3966,89	5000		46,87	3,29
14,15	1,01	77,0	0,1	15,0	43,57	9,26	144,65	-643,14		86,65	0,62
18,1	1,11	15,0	0,52	139,0	86,13	55,27	237,18	636,95		88,92	0,51
21,1	1,14	263,0	1,7	15,0	30,66	-335,6	5000	5000		37,27	4,29
24,9	1,06	15,0	0,18	77,0	57,72	11,45	215,73	-670,96		86,65	0,62
28,5	1,12	15,0	0,27	15,0	62,86	-31,03	197,4	427,11		89,2	0,5
50	1,11	46,0	0,18	15,0	48,2	-28,75	188,93	310,73		86,66	0,62

Ändere die Länge des Feeders
 Schrittweite(m): 0,5 Länge(m): 12,5

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

Fenster immer oben 10 DL1JWD

Wie Du siehst, lassen sich, mit Ausnahme des 160m-Bands, mit dem Automatiktuner MFJ993 alle Bänder auf gute bis sehr gute SWVs abgleichen. Die bei vielen OMs tief verwurzelte SWV-Gläubigkeit kann aber trügerisch sein, denn entscheidend ist letztendlich der Wirkungsgrad, d.h. die Frage "Was kommt in der Antenne an?". Der Wirkungsgrad der ZS6BKW liegt auf den Bändern 15m und 30m unterhalb 50% und auch die 66% auf 80m sind kein Grund zur Euphorie. Die verlorengegangene Leistung (z.B. 34% auf 80m) wird irgendwo in Tuner, Balun oder Feeder in Wärme umgesetzt - wer hat sich nicht schon mal an einem heißen Balun die Finger verbrannt?

Bemerkungen

- Dieses einführende Beispiel bietet auch eine Gelegenheit, sich von den Vorzügen eines symmetrischen Antennenkopplers zu überzeugen (z.B. der vom FA vertriebene BX-1200), denn dann kannst Du auf den "Balun für undefinierte Impedanzen" verzichten und die Wirkungsgrade verbessern sich teilweise erheblich.

- Das Schaltbild im unteren Teil liefert einen schnellen Überblick der Antennenanlage.
- 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.
- Im Menü **Bauteile** kannst Du Dich über die genauen Parameter von Tuner, Balun und Feeder informieren und ggfls. Änderungen vornehmen oder neue Typen hinzufügen.
- Sollen Deine Änderungen auch in allen zukünftigen Projekten verfügbar sein, so musst Du die im Root-Verzeichnis des Programms befindliche Bibliotheksdatei *Templates.dzr* öffnen und Deine Typen dort hinzufügen. Erst danach beginnst Du mit *Datei/Neu* Dein neues Projekt, in welches nun das in *Templates.dzr* enthaltenen Bauelemente-Angebot automatisch übernommen wird.
- Der 1:1- Balun wird als normales Kabelstück modelliert, da sich seine Windungszahl bzw. Induktivität nur auf die Gleichtaktströme bzw. Mantelwellen auswirkt und für die Anpassungsverhältnisse keine Rolle spielt.

Beispiel 2: JWD - Antenne (Kurzversion)

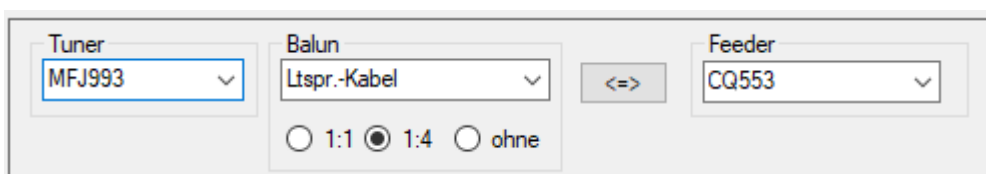
Am Beispiel der "kurzen" JWD-Doppelzepp siehst Du, wie Du selbst ein Antennenprojekt erstellen kannst.

Im Unterschied zu ihrer 5m längeren Schwester hat diese Antenne zwar nur eine einzige Eigenresonanz (28,5MHz), dafür aber auf allen Afu-Bändern (bis 50MHz) ein moderates senderseitiges SWV kleiner als 10.

Damit erreicht diese mit dem [Multiresonanz-Finder](#) entwickelte "nur" 68,8m lange Antenne mit einem (symmetrischen) Tuner überall einen Wirkungsgrad von besser 90%!

Gespeist wird der Dipol bei 33% seiner Gesamtlänge mit 12,5m Wireman CQ553 Bandkabel. In der Regel wird die Antenne aber mit einem unsymmetrischem Tuner betrieben, an dessen Ausgang ein 4:1-Balun¹ sitzt, man erreicht damit immerhin noch Wirkungsgrade von besser 80%.

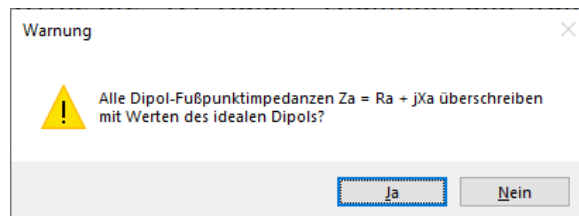
- Öffne mit *Datei/Neu* ein neues DZR-Projekt. In der linken Spalte der Ergebnismatrix sind bereits die 11 wichtigsten Frequenzen eingetragen (nicht benötigten Frequenzen kannst Du mit einer 0 (Null) überschreiben (das spart Rechenzeit).
- Nun positioniere die ersten beiden Klappboxen am oberen Fensterrand mit dem Button "<=>" in der Reihenfolge **Tuner**, **Balun**, **Feeder** und stelle die Typen "MFJ993", "Ltspr.Kabel", "CQ553" und "1:4" ein.



¹ Ok, strenggenommen müsste man ihn als "1:4 Unbal" bezeichnen.

- Wähle unten rechts die Registerkarte **Freier Dipol** und trage die Gesamtlänge und den Drahtdurchmesser ein.
- Lege den Speisepunkt mit 33% fest, denn die JWD-Antenne wird asymmetrisch gespeist.

- Klicke den Button **Aktualisieren**. Es erscheint eine Warnung:



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

- Trage die Länge des Feeders (12,5m) ein und klicke den Button **Berechnung starten**.
- **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 *JWD_kurz.dzr*.

Beispiel 3: 42m-Windom-Antenne

In der DZR-Version 4.0 kann der Balun auch in luftiger Höhe, direkt im Fußpunkt des Dipols, angebracht werden, die Zuleitung erfolgt über leichtes Koaxkabel.

Lade über die Datei *Windom42m.dzr* eine handelsübliche Windom-Antenne. Der 4:1-Balun transformiert die Fußpunktimpedanz des 42m langen Strahlers auf ein erträgliches Maß herunter.

Doppelzepprechner DZR 4.0 (c) DL1JWD

Name: Windom42m.dzr
 Bemerkung: Antenne ist unbrauchbar auf: 160m, 60m, 30m und 15m
 Tuner: MFJ993 Feeder: RG58 Balun: RG316U
 1:1 1:4 ohne

F(MHz)	Tuner-Einstellungen				Eingangsimpedanz von Balun/Feeder		Fußpunktimpedanz des Dipols		Transmission		Verlust
	SWV	C1(pF)	L(µH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	dB
1,85	2,64	3921,0	4,38	15,0	2,88	-33,06	16,77	-1133,36		4,51	13,46
3,65	1,01	402,5	2,28	15,0	41,56	-33,52	127,36	147,91		87,15	0,6
5,36	1,01	15,0	3,29	836,5	7,87	47,35	5000	5000		22,19	6,54
7,1	1,02	154,5	0,44	15,0	43,87	-2,95	152,65	45,56		87,02	0,6
10,1	1,07	867,5	0,52	15,0	5,59	-16,88	3717,68	5000		14,79	8,3
14,15	1,01	15,0	0,44	92,5	74,19	-7,81	194,6	22,61		80,75	0,93
18,1	1,05	185,5	0,35	15,0	25,78	-14,95	195,3	202,96		72,19	1,42
21,1	1,09	15,0	0,94	123,5	33,37	100,46	5000	5000		7,76	11,1
24,9	1,06	139,0	0,27	15,0	25,19	-17,55	252,23	56,21		68,48	1,64
28,5	1,13	15,0	0,27	108,0	58,7	42,43	205,36	29,83		68,08	1,67
50	1,58	77,0	0,1	15,0	18,84	3,95	207,37	60,27		50,67	2,95

Ändere die Länge des Feeders
 Schrittweite(m): 0,5 Länge(m): 12
 Berechnung starten
 Änderungen rückgängig Ergebnisse löschen

Schaltbild: Freier Dipol Feeder-Eingangsimpedanz Dipol-Fußpunktimpedanz

10 DL1JWD

Du wirst feststellen, dass die Länge des Speisekabels relativ unkritisch ist. Mit dem Antennenkoppler sind alle KW-Bänder (außer 160m) auf ein sehr gutes SWV abgleichbar. Trotzdem ist die Antenne auf den Bändern 60m, 30m und 15m unbrauchbar.

Hervorragend hingegen funktioniert die Windom auf 80m, 40m, 20m, 17m und 10m.

Beispiel 4: 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 vektoriellen Antennenanalysator (z.B. mit einem *NanoVNA*).

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
Ze(Ω)	5	-650	49	177	36,5	-444	29,6	-136	37	93	170	490

- Öffne mit *Datei/Neu* ein neues Antennenprojekt.
- Stelle die Klappboxen in der richtigen Reihenfolge ein: **Tuner** (Kein Tuner), **Balun** (ohne), **Feeder**(CQ553)
- Trage in der linken Spalte der Matrix die 6 Messfrequenzen ein, in die 5 restlichen Felder kannst Du 0 eingeben.
Alle Felder sind zunächst rot hinterlegt, weil die Fußpunktimpedanzen des Dipols noch nicht aktualisiert worden sind.
- Öffne die Registerkarte **Freier Dipol** und trage die Werte für **Gesamtlänge** (44m), **Drahtdurchmesser** (2mm) und **Speisepunkt** (50%) ein.
- 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).
- Stelle exakt die **Feederlänge** ein, bei der die Messungen vorgenommen wurden (**3m**).
- 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.
- Jetzt kannst Du die Feederlänge schrittweise verändern, bist Du eine optimale Länge gefunden hast.

Doppelzepprechner DZR 4.0 (c) DL1JWD

Datei Bauteile Hilfe

Name: DL2RD.dzr
 Bemerkung: Eingabe der Messungen am Eingang der 3m langen Speiseleitung (CQ553)

Tuner: SG230 Balun: RG316U Feeder: CQ553
 1:1 1:4 ohne

Tuner-Einstellungen					Eingangsimpedanz von Balun/Feeder		Fußpunktimpedanz des Dipols		Transmission		Verlust
F(MHz)	SWV	C1(pF)	L(µH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	dB
1,81	1,03	5715,0	39,85	65,0	5,0	-650,0	4,43	-889,65		28,99	5,38
3,51	1,01	315,0	8,35	490,0	49,0	177,0	41,09	71,18		95,53	0,2
0							0	0			
7,11	1,04	2315,0	2,1	215,0	36,5	-444,0	306,54	-1700,36		69,96	1,55
0							0	0			
14	1,15	615,0	0,85	115,0	29,6	-136,0	394,26	-1447,54		89,28	0,49
0							0	0			
21,025	1,27	115,0	0,85	140,0	37,0	93,0	313,99	-1090,44		93,28	0,3
0							0	0			
28,02	1,4	1615,0	0,1	415,0	170,0	490,0	228,76	-612,79		55,46	2,56
0							0	0			

Ändere die Länge des Feeders

Schaltbild Freier Dipol Feeder-Eingangsimpedanz Dipol-Fußpunktimpedanz

Schrittweite(m): 0,5 Länge(m): 3

Handeingabe der Feeder-Eingangsimpedanzen $Z_e = R_e + jX_e$

Feederlänge bei der Messung(m): 3 Aktualisieren

Fenster immer oben 10 DL1JWD

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**, **µH**, **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	Zw	VF	dB1	F1	dB2	F2	dB3	F3	dB4	F4	dB5	
▶	Hühnerleiter	600	0,95	0,16	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	CQ562	285	0,813	0,46	1,85	0,64	3,5	0,91	7	1,09	10,1	1,29	1
	CQ553	392	0,891	0,63	3,5	0,68	7	0,74	10,1	0,82	14	0,9	1
	RG58	50	0,66	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	RG213	50	0,66	2,2	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ltspr.-Kabel	102	0,68	13,5	10	0	0	0	0	0	0	0	0

Buttons: Zeile einfügen, Abbrechen, Aktualisieren und schließen

- 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 dB1 und F1 ein, falls weitere Werte verfügbar sind auch bei F2/dB2 usw.
- 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 (die gesamte Zeile färbt sich blau) und drückst die *Entf*-Taste.
- Über den Button "Aktualisieren und schließen" kehrst Du zum Hauptfenster zurück.
- **Erst nach *Datei/Speichern* wird der neue Kabeltyp dauerhaft in die *Template.dzr*-Datei übernommen und steht damit auch bei der Eröffnung anderer neuer Dateien zur Verfügung!**
- Du kannst natürlich nicht nur zu *Template.dzr*, sondern auch zu jeder anderen DZR-Datei direkt neue Kabeltypen hinzufügen, allerdings stehen die dann nur in dieser Datei zur Verfügung und nicht in weiteren Dateien, die später noch hinzukommen.

Neue Baluntypen aufnehmen

- Die Vorgehensweise ist ähnlich wie beim Hinzufügen neuer Kabeltypen (s.o.), nur dass Du diesmal die Balunliste (Menüpunkt *Bauteile/ Baluns*) öffnest und für die Länge des Kabels, mit dem der Ferritkern des Baluns bewickelt wird, einen bestimmten Wert (in Meter) eingibst.

- In der Regel wird für einen Balun sehr dünnes Koaxkabel oder isolierte Zwillingslitze wie Lautsprecherkabel verwendet. Die Länge der Wicklung ergibt sich aus Höhe und Breite des Kerns und der Windungszahl und muss vorab von Dir selbst ermittelt werden.
- Die Drosselinduktivität des 1:1 Strombaluns verhindert das Weiterfließen der Gleichtaktströme, die durch den Übergang unsymmetrisch zu symmetrisch entstehen. Da der Energietransport durch die Leitung keinen merklicher magnetischer Fluß im Ferritkern erzeugt und lediglich die Gleichtaktströme (Mantelwellen) eine Spannung über der Kernwicklung aufbauen können, hat die Größe der Induktivität keine Auswirkungen auf die Berechnungsergebnisse, denn der DZR "sieht" nur eine Leitung.

Neue Tunertypen aufnehmen

Im DZR können als Tuner nur Pi-Filter mit Tiefpass-Struktur verarbeitet werden.

- Über den Menüpunkt *Bauteile/Tuners* öffnest Du das Fenster "Tunerliste". Jede Zeile der Tabelle enthält die Daten eines über Relais diskret schaltbaren Pi-Kopplers.

The screenshot shows a window titled 'Tunerliste' with a table of tuner parameters. The table has 12 columns: Name, C1min, C1max, dC1, Lmin, Lmax, dL, C2min, C2max, dC2, and QL. The rows include 'Ohne Tuner', 'Idealer Tuner', 'SG230', 'LDG11MP', 'BX-1200', and 'MFJ993'. Below the table are three buttons: 'Zeile einfügen', 'Abbrechen', and 'Aktualisieren und schließen'.

	Name	C1min	C1max	dC1	Lmin	Lmax	dL	C2min	C2max	dC2	QL
▶	Ohne Tuner	0	0	1E-05	1E-05	1E-05	1E-05	0	0	0,001	25000
	Idealer Tuner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	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	1,5	0,4	68,5	0,04	15	0	0	250
	MFJ993	15	3922,5	15,5	0,1	25,87	0,084	15	0	0	0
*											

- 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 (C_1), die je nach Bedarf vor oder hinter dem L angeschlossen wird.

Damit der DZR erkennt, dass es sich um ein "unechtes" CF handelt, sind in der "Tunerliste" die Werte für C_{2max} und dC_2 auf Null zu setzen.

C_{2min} 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 $34,25\mu\text{H}$ (alle Relaiskontakte offen), die Abstufung jeder Dekade beträgt $0,02\mu\text{H}$, die Restinduktivität $0,2\mu\text{H}$.

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

Ein- und Ausgangskapazität werden mit je 15pF angesetzt.

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

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

$C_{1min}=15\text{pF}$; $C_{1max}=4335,5\text{pF}$; $dC_1= 1,5\text{pF}$; $C_{2min} = 0$;

$C_{2max}=0$; $dC_2=0$; ("unechtes" Collinsfilter).

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

- Die vom DZR angezeigten Berechnungsergebnisse für C_1 , L, C_2 beziehen sich immer auf einen unsymmetrischen Tuner und müssen im Nachhinein von Dir als symmetrische Werte interpretiert werden, z.B. $L=5,8\mu\text{H}$ bedeutet dann $2,9\mu\text{H}$ 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.
- Hast Du die Fußpunktimpedanzen mit einem Antennen-Simulationsprogramm (EZNEC, MMANA-GAL) berechnet, so gibst Du diese Werte über die Registerkarte **Dipol-Fußpunktimpedanz** ein.
- 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.
Der [Kleine Netzwerkanalysator](#) 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.
- Zur Analyse der Mantelwellendämpfung des Baluns kann der [Spulenrechner](#) eingesetzt werden.
- Wer über keinen Koppler mit LC-Tiefpass-Struktur verfügt, kann die berechneten Werte auch in andere Kopplertypen, wie zum Beispiel [Christian-Koppler](#), transformieren.

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.dzr hinzugefügt, in meinen bereits vorhandenen DZR-Dateien ist er aber über das Bauteile/Tuner-Menü nicht verfügbar.

- Der neue Tuner erscheint nur in allen zukünftig mit *Datei/Neu* 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 älteren DZR-Versionen 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 des Dipols?

- Nehmen wir als Beispiel einen 2x22m-Dipol. 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

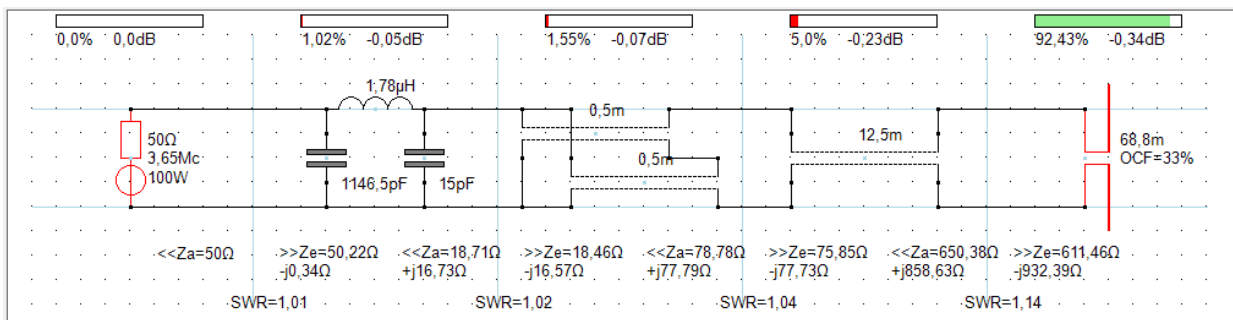
(l = Halblänge des Dipols):

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

- 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 5kOhm 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.

Wie modelliert der DZR einen 4:1 Balun?

- Ein 4:1-Balun entsteht aus der Zusammenschaltung von zwei 1:1 Baluns, wie man das hier am Modell der "kurzen" JWD-Antenne im [Kleinen Netzwerkanalysator](#) sieht:



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.

Kann ich mit dem DZR auch andere Antennen simulieren?

- Bei Eingaben über die 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 $R_a + jX_a$.

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.

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