

DZR 5.0 - der etwas andere Doppelzepprechner

Inhaltsverzeichnis

Einführung.....	1
Anwendungsbeispiele.....	2
Beispiel 1: Entwurf einer 2x22m-Doppelzepp.....	2
Vorbereitungen.....	2
Analyse.....	3
Wo genau entstehen die Verluste?.....	4
Optimierungsversuche.....	5
Beispiel 2: Automatisierte Suche mit dem MultiResonanzFinder.....	6
Daten die der MRF vom DZR übernimmt.....	6
Eingabewerte des MRF.....	6
Beispiel 3 Symmetrischer Tuner.....	9
Beste aber auch teuerste Lösung.....	10
Trickreiche Lösung mit unsymmetrischem ATU.....	11
Beispiel 4 Dipolimpedanz mit EZNEC ermitteln.....	12
JWD-CityZepp.....	12
Messungen mit dem NanoVNA.....	14
Eingabe neuer Bauelemente.....	14
Neue Kabeltypen aufnehmen.....	14
1:1 Strombaluns modellieren.....	15
Neue Tunertypen aufnehmen.....	16

Einführung

Rein äußerlich scheint sich der neue DZR 5.0 zunächst kaum von seinen Vorgängern zu unterscheiden. Auffällig sind lediglich die 11 Kontrollkästchen am linken Rand, mit denen man nicht benötigte Frequenzen deaktivieren kann (spart Rechenzeit).

Beim näheren Hinsehen bemerkt man dass unten die Registerkarte "Schaltbild" fehlt, stattdessen erfolgt der Aufruf über einen neuen Eintrag ganz oben in der Menüleiste. Dadurch kann das Schaltbild als frei schwebendes Fenster permanent im Blickfeld des Anwenders bleiben.

Wesentlich wichtigere Unterschiede aber sind:

- Auf der Registerkarte "Freier Dipol / MRF" gibt es die neue Schaltfläche **"MultiResonanzFinder"**.
Bislang war der MRF nur als separates Programm in den JWD-Tools enthalten. Jetzt aber ist er in der grundlegend neuen Version 3.0 in den DZR integriert, was den

nahtlosen Übergang zwischen beiden Programmen ermöglicht.

- **Das Anschlusskabel zwischen PA / ATU und Balun ist jetzt Teil des Antennensystems**
In den Vorgängerversionen von DZR und MRF spielte dieses Kabel (i.d.R. 50Ohm Koax) keine Rolle. Es galt lediglich die Empfehlung, es so kurz wie möglich zu halten. Dies aber ist aus räumlichen Gründen nicht immer möglich und führte insbesondere dann zu größeren Abweichungen zwischen Theorie und Praxis, wenn die Antenne außerhalb ihrer Eigenresonanzen betrieben wird, d.h., wenn auch das Anschlusskabel stark transformieren muss und hohe SWR-bedingter Zusatzverluste entstehen (z.B. ZS6BKW auf 80m-Band)

Diese und andere Überlegungen führten zu einer alternativen Optimierungsstrategie, in die man auch das Anschlusskabel mit einbezieht und bei der das senderseitige SWR keine ausschlaggebende Rolle mehr spielt, da i.d.R. ein ATU eingesetzt werden kann. Anstatt des SWR tritt der Wirkungsgrad des Antennensystems in den Vordergrund, d.h., der MRF sucht nach Dipol-Feeder-Konfigurationen, bei denen auf möglichst vielen Bändern ein Maximum der eingespeisten PA-Leistung abgestrahlt wird

- **Einheitliche Liste für alle Kabeltypen (Anschlusskabel, Balun, Feeder)**
Der MRF greift jetzt direkt auf die im DZR implementierte Liste von Kabeltypen zu. Damit können die mit dem MRF erzielten Ergebnisse auf einheitlicher Datenbasis direkt an den DZR übergeben werden. Je nach verfügbaren Katalogdaten kann die Kabeldämpfung für bis zu 10 verschiedene Frequenzen in beliebiger Reihenfolge abgespeichert werden¹.

Anwendungsbeispiele

Beispiel 1: Entwurf einer 2x22m-Doppelzepp

Nehmen wir mal an du bist in der komfortablen Lage, eine 2x22m Doppelzepp aufzuspannen. Die nur 3,5m lange Hühnerleiter soll am Fenster des Shacks enden und über einen 1:1 Balun (0,6m RG316U auf FT140-43) und ein 2m langes RG58-Kabel zum TRX mit aufgesetztem ATU MFJ993B führen.

Dein Interesse gilt vor allem den Bändern 160m, 80m, 40m, 20m, 15m und 10m.

Bevor du mit dem Aufbau der Antenne beginnst soll dir der DZR eine Prognose über die auf diesen Bändern zu erwartenden Wirkungsgrade der Antenne liefern.

Vorbereitungen

- Öffne mit *Datei / Neu* ein neues Antennenprojekt.
Es erscheint das in der Datei *Template.dzr* gespeicherte Antennensystem, welches als Ausgangsbasis dient.
Standardmäßig ist dies die [ZS6BKW "Wunderantenne"](#), könnte aber später auch eine beliebige andere Antenne sein, die dann mit neuen Werten überschrieben und unter anderem Namen abgespeichert wird.
- Deaktiviere zunächst die für dich uninteressanten Frequenzen indem du die entsprechenden Häkchen entfernst.

¹Das Programm sucht sich automatisch die nächstliegende Frequenz und interpoliert Zwischenwerte nach der bekannten Abhängigkeit von der Wurzel des Frequenzverhältnisses.

- Falls du die Werte der übrigen Frequenzen innerhalb des Bands etwas korrigieren willst, wird das Feld zunächst gelb gefärbt. Die Gelbfärbung verschwindet wieder, nachdem du die Eingabe mit Enter abgeschlossen hast. Danach sind die übrigen Felder der Zeile zunächst mit 0 überschrieben.
- Stelle in den drei Klappboxen am oberen Fensterrand den Tunertyp (MFJ 993B), die Parameter des Anschlusskabels (2m RG58), Typ und Länge der Balunwicklung (0,6m RG316U) und den Typ der Feederleitung (600 Ohm Hühnerleiter) ein.
- Die aktuelle Feederlänge (3,5m) trägst du in das Eingabefeld im Bereich "Feederlänge" ein (linke untere Fensterecke).
- Öffne die Registerkarte "Freier Dipol / MRF" (unterer Fensterbereich) und trage die Länge (44m), den Drahtdurchmesser (1,5mm), einen Verkürzungsfaktor (0,98) und die Lage des Speisepunkts ein. Bei einem symmetrischen Dipol liegt dieser bei 50% der Gesamtlänge.
- Abschließend klicke auf "Za Dipol aktualisieren".

Die Spalten "Za-Dipol" des Hauptfensters werden jetzt mit den Impedanzen im Einspeisepunkt des Freien Dipols für alle aktiven Frequenzen überschrieben.

Um Datenverlusten vorzubeugen solltest du spätestens jetzt das Projekt unter aussagekräftigem Namen abspeichern (*Datei / Speichern unter*).

Bild 1 Die Registerkarte "Freier Dipol / MRF"

Analyse

Nach Klick auf START wird das Antennensystem berechnet und angezeigt (Bild 2).

Allerdings ist das Ergebnis enttäuschend, obwohl auf fast allen Bändern ein gutes bis sehr gutes SWR erreicht wird sind die Wirkungsgrade meist unbefriedigend.

Absurd - der ATU MFJ993B schafft sogar auf dem 160m-Band eine perfekte Anpassung, aber was nützt das wenn der Wirkungsgrad bei nur 12% liegt?

Auch die meisten der übrigen Bänder geben zur Euphorie wenig Anlass, zum Beispiel kommen auf dem wichtigen 40m-Band nur weniger als die Hälfte der Leistung oben an.

Doppelzepprechner DZR 5.0

Datei Tuner Kabel Schaltbild Bedienanleitung

Name:

Bemerkung:

Tuner: ☒ MFJ993B

Anschlusskabel: ☒ RG58 2 m

Balun: ☒ RG316U 0,6 m

Feeder: ☐ Hühnerleiter 600 3,5 m

Tuner-Einstellungen					Ze Anschlusskabel		Za Dipol		Transmission		Dämpfung	
F(MHz)	SWR	C1(pF)	L(μH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	dB	
☒ 1,81	1,04	3890,0	20,82	15,0	8,18	-226,07	15,75	-963,73		12,01	9,21	
☒ 3,65	1,03	170,0	10,34	15,0	54,06	-245,93	96	217,49		75,51	1,22	
☐ 5,36	1,09	1720,0	3,38	15,0	4,89	-103,69	593,52	1887,37		34,77	4,59	
☒ 7,1	1,25	1410,0	1,78	15,0	3,69	-67,57	4701,54	-2442,14		41,89	3,78	
☐ 10,1	1,14	1100,0	0,98	15,0	4,1	-51,86	109,73	86,16		53,78	2,69	
☒ 14,15	1,32	480,0	0,34	15,0	7,08	-10,01	1615,95	-1870,37		81,67	0,88	
☐ 18,1	1,44	790,0	0,1	15,0	2,7	0,1	369,63	953,01		55,59	2,55	
☒ 21,1	1,74	325,0	0,18	15,0	6,21	-1,4	970,55	-1454,17		72,92	1,37	
☐ 24,9	1,06	15,0	0,26	170,0	28,31	34,47	451,66	1057,7		90,77	0,42	
☒ 28,5	1,68	15,0	0,66	170,0	4,02	44,46	317,57	-789,51		34,25	4,65	
☐ 50,1	2,77	170,0	0,18	15,0	6,77	-40,99	152,98	40,44		35,31	4,52	

Ändere die Länge des Feeders

Schrittweite(m): Länge(m):

☐ Fenster immer oben

30 DL1JWD

Freier Dipol / MRF Ze Anschlusskabel Za Dipol

Gesamtlänge(m): Drahtdurchmesser(mm): Speisepunkt in Prozent von der Gesamtlänge:

Gesamtlänge 0 => 500Ωm DummyLoad Speisepunkt = 50% bei symmetrischem Dipol, < 50% für OCF-Dipol

Verkürzungsfaktor:

Bild 2 Diese 2x22m Doppelzepp ist schlecht konfiguriert!

Wo genau entstehen die Verluste?

Wo genau die Leistung verlorengeht lässt sich leicht mit dem "Kleinen Netzwerkanalysator" (KNWA, [JWD-Tool 14](#)) ermitteln (Bild 3).

Man sieht dass fast 30% der PA-Leistung im 2m langen Anschlusskabel verheizt werden, auch die Verluste im Balun sind nicht zu unterschätzen (18%).

Die Verluste im ATU halten sich mit knapp 10% in Grenzen, sodass sich hier eine teure Neuinvestition nicht lohnen würde - schade um das Geld!

Du glaubst es nicht? Setze versuchsweise den Typ "Idealer Tuner" ein und die Wirkungsgrade werden sich nur unwesentlich verbessern!

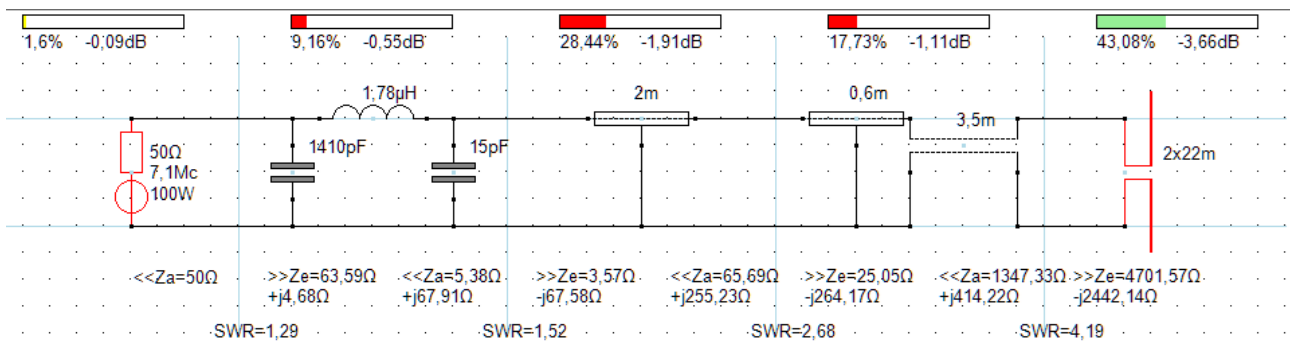


Bild 3 Verlustanalyse mit dem KNAWA für das 40m-Band

Optimierungsversuche

Zunächst versuche, durch vorsichtiges Verändern der Feederlänge für bestimmte Frequenzen Verbesserungen des Wirkungsgrades zu erzielen, meist wird dies aber zu Lasten anderer Bänder gehen - du wirst nie alle unter einen Hut bringen!

Nach Klick auf START im Hauptfenster wird auch das Schaltbild aktualisiert, sodass du jederzeit einen guten Überblick hast (Bild 4).

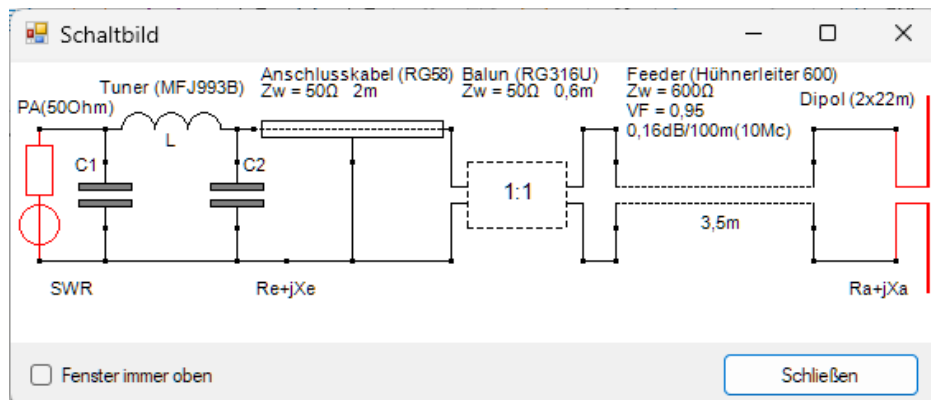


Bild 4 Das Antennensystem im Überblick

Bald merkst du, dass auch der Typ des Feeders eine größere Rolle spielt, tausche z.B. die Hühnerleiter durch das halboffene Wireman-Bandkabel CQ553 aus und du wirst feststellen, dass dies nicht immer eine Verschlechterung mit sich bringt.

Die Länge von Anschlusskabel und Balunwicklung sind meist feste Größen, sodass sich für dich hier i.d.R. keine größeren Spielräume ergeben.

Bald wirst du feststellen, dass sich trotz vielen Probierens keine wesentlichen und ausgewogenen Verbesserungen der Wirkungsgrade dieser symmetrisch gespeiste 2x22m Doppelzepp ergeben und dass diese Antenne trotz ihrer imposanten Länge für deine Bedürfnisse ungeeignet ist.

Aber es gibt noch einen letzten Hoffnungsschimmer - der *MultiResonanzFinder (MRF)*!

Beispiel 2: Automatisierte Suche mit dem MultiResonanzFinder

Der MRF basiert auf dem Berechnungsmodell "Freier Dipol", folgerichtig erreichst du ihn auf der Registerkarte "Freier Dipol / MRF".

Daten die der MRF vom DZR übernimmt

Im Gegensatz zu seinen Vorgängern ist der neue MRF 3.0 eng an den DZR gekoppelt, d.h., er hat Zugriff auf alle Daten der aktuellen Antenne, d.h. die Auswahl der aktiven Frequenzen sowie die Daten von Anschlusskabel, Balun und Feeder.

Ebenso werden "Drahtdurchmesser" und "Verkürzungsfaktor" des aktuellen Dipols übernommen.

Hingegen ist die aktuell eingestellte Länge des Feeders egal, denn der optimale Wert soll ja vom MRF berechnet werden. Gleiches gilt für "Gesamtlänge" und "Speisepunkt" des Dipols.

Auch der im DZR eingestellte Tuner spielt keine Rolle, denn die vom MRF berechneten optimalen Längen von Dipol und Feeder sowie Lage des Speisepunkts gelten für einen fiktiven "Idealen Tuner".

Die abschließende Korrektur der Wirkungsgrade nach unten muss später im DZR mit einem realen Tuner erfolgen.

Eingabewerte des MRF

Sind alle Einstellungen der aktuellen Antenne im DZR überprüft kann der MRF über die entsprechende Schaltfläche aufgerufen werden.

Im MRF-Fenster (Bild 5) sind jetzt folgende Suchkriterien einzugeben:

- Minimal und maximal zulässige Längen von Feeder und Dipol sowie die jeweiligen Änderungsschrittweiten
- Soll ausschließlich symmetrische Dipole gesucht werden, so ist eine Eins (1) bei "Speisepunkte" einzutragen.
- Um auch OCF-Dipole (out of center feeded) in der Suche zu erfassen, ist eine Ganzzahl größer Eins einzugeben, der Wert 10 z.B. bedeutet dass vom MRF 10 Speisepunkte untersucht werden, die bei 5%, 10%,..., 45% und 50% der Dipolspannweite liegen².
- Weitere Einträge:

<i>dBmax:</i>	die maximal noch zulässige Übertragungsdämpfung um als Treffer gewertet zu werden
<i>dBbis:</i>	die maximale Übertragungsdämpfung die im Datengitter noch angezeigt wird
<i>SWRmax:</i>	das maximal zulässige senderseitige SWR
<i>Nmin:</i>	Mindestanzahl von Treffern pro Konfiguration

2 Um unerwünschte Feederstrahlung zu verhindern, bleiben Speisepunkte unterhalb 30% der Gesamtlänge des Dipols unberücksichtigt.

Nach Abschluss des Rechenzyklus erscheinen folgende Informationen:

Treffer: Anzahl der gefundenen Konfigurationen (Zeilen im Ergebnissgitter)

Schleifenzahl: Anzahl der vom MRF untersuchten Konfigurationen

- Nach Klick auf "Start" können einstellungsabhängig Sekunden bis mehreren Minuten vergehen bis sich das Datengitter mit den gefundenen Kombinationen von Dipollänge, Einspeisepunkt und Federlänge füllt³.
- Sind die Suchkriterien zu eng gefasst, so bleibt das Datengitter leer und es erscheint die Meldung "Keine Treffer". In solchen Fällen hilft oft die Vergrößerung der Anzahl möglicher Speisepunkte oder die Erhöhung von dB_{max} .
- Auch die Herabsetzung von N_{min} oder die Vergrößerung der Suchbereiche von Dipol- und Feederlänge kann zu Treffern führen.
- Wenn all das nicht hilft kann man zurück in den DZR wechseln und dort z.B. einen anderen Feedertyp wählen.
- Im vorliegenden Beispiel wurde die Hühnerleiter durch ein halboffenes Bandkabel CQ553 von Wireman ersetzt. Das hat 10 Treffer zur Folge, die sich alle auf einen bei 35% seiner ca. 37m Gesamtlänge unsymmetrisch über ca. 3,5m CQ553 Kabel gespeisten (OCF-)Dipol beziehen (Bild 5).

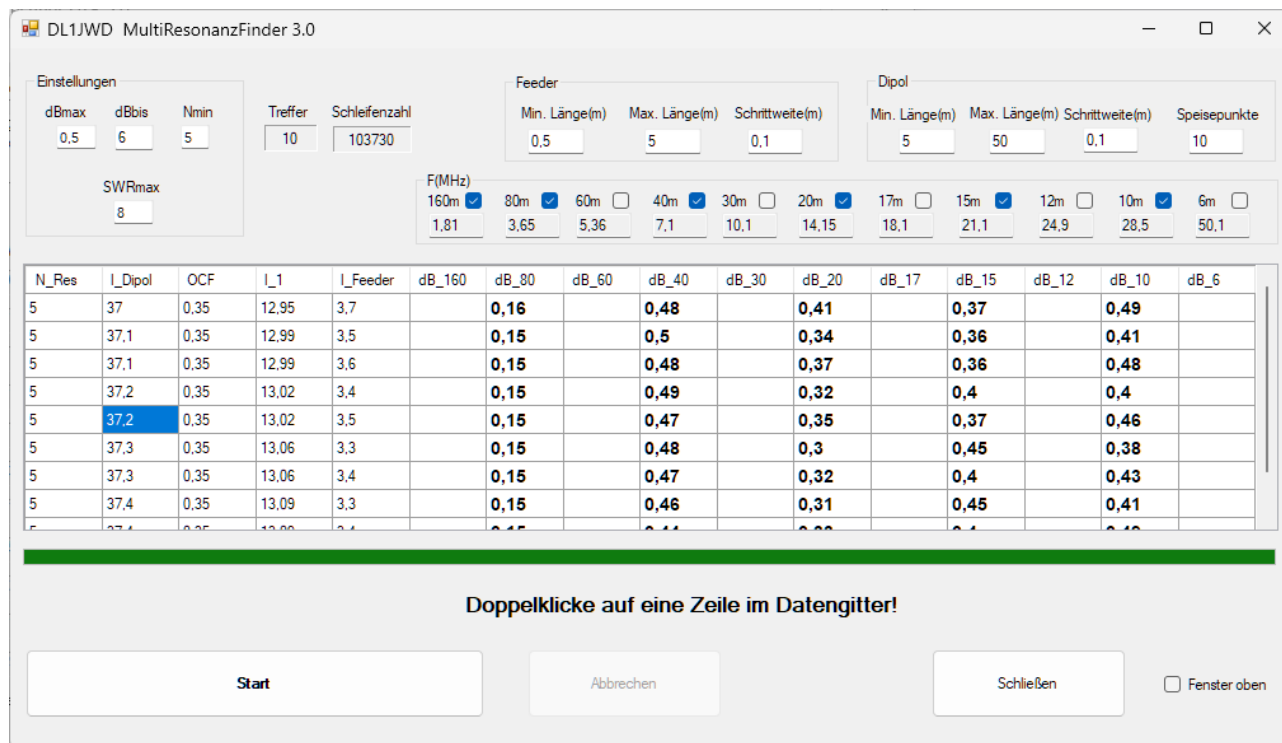


Bild 5 Ergebnis der MRF-Suche sind 10 mögliche Konfigurationen eines bei 35% seiner ca. 37,2m Gesamtlänge über einen ca. 3,5m langen Feeder eingespeisten OCF-Dipols, bei denen jedes Band weniger als 0,5dB Verluste hat. Die gewünschte Konfiguration wird per Doppelklick ausgewählt.

³ Wenn sich der grüne Fortschrittsbalken im MRF nur sehr langsam oder gar nicht fortbewegt, sind die Suchkriterien enger zu fassen oder die Schrittweiten der Längenänderung von Dipol und Feeder zu vergrößern.

Gegenüber der "schlechten" Doppelzepp aus Beispiel 1 hat jede dieser 10 angebotenen Lösungen zumindest folgende Vorteile:

1. man kann auf allen Bänder (außer 160m) mit vertretbaren Verlusten ($<0,5\text{dB}$) arbeiten
 2. der Dipol ist ca. 7m kürzer
 3. der Feeder ist optisch weniger auffällig
- Du hast nun die Qual der Wahl dich für eine der 10 Konfigurationen zu entscheiden indem du auf eine beliebige Zelle der betreffende Zeile doppelklickst, hier z.B. auf Dipol 37,2m und Feeder 3,5m.
 - Nach Beantwortung der Abfrage "Dipol-/Feeder-Konfiguration in den DZR übernehmen" mit "Ja" präsentiert der DZR die vom MRF gefundene neue Doppelzepp, dies allerdings mit dem Tunertyp "Idealer Tuner", denn mit diesem Modell hat der MRF gearbeitet.
 - Im DZR hast du zunächst die Gelegenheit die dB-Verluste bei jedem Band mit den MRF-Ergebnissen zu vergleichen und wirst feststellen, dass sie kommagenau übereinstimmen!
 - Nun gut, aber ideale Tuner gibt es nun mal nicht. Stelle also im DZR einen realen ATU (MFJ993B) ein, klicke auf "S T A R T" und siehe da, die Wirkungsgrade verschlechtern sich dadurch nur unwesentlich (Bild 6).

Die neue Doppelzepp kann jetzt mit guten Erfolgsaussichten praktisch aufgebaut werden (Bild 7).

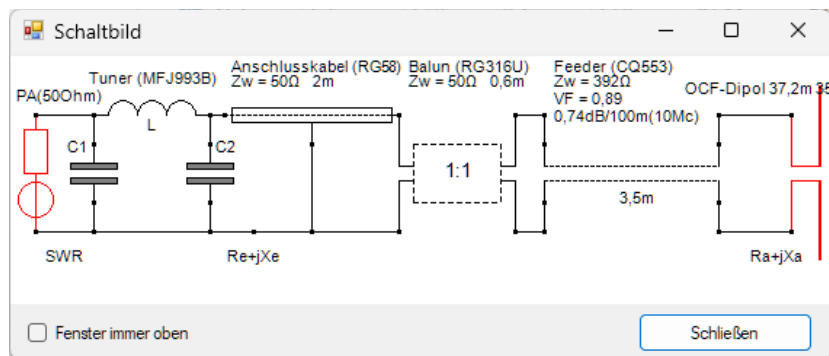


Bild 7 Die neue vom MRF optimierte Doppelzepp

Natürlich sind die vom MRF ermittelten Abmessungen der neuen Doppelzepp nur als Richtwerte zu verstehen.

Aufgrund von Umgebungseinflüssen, Aufbauhöhe etc. wird es größere Abweichungen geben, ein Abgleich ist deshalb i.d.R. notwendig wobei gewisse Längen Kürzungen von Dipol oder Feeder meist unumgänglich sind.

Doppelzepprechner DZR 5.0

Datei Tuner Kabel Schaltbild Bedienanleitung

Name: Beispiel_2.dzr
 Bemerkung: mit MRF gefundener 37,2m Dipol (OCF)

Tuner: ☒ MFJ993B
 Anschlusskabel: ☒ RG58 2 m
 Balun: ☒ RG316U 0,6 m
 Feeder: CQ553 3,5 m

Tuner-Einstellungen					Ze Anschlusskabel		Za Dipol		Transmission		Dämpfung	
F(MHz)	SWR	C1(pF)	L(μH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	dB	
☐ 1,81	1,02	3735,0	21,86	15,0	8,57	-238,69	12,13	-1359,11		4,5	13,47	
☒ 3,65	1,14	15,0	1,7	325,0	81,41	-4,12	78,25	-96,9		95,8	0,19	
☐ 5,36	1,02	1720,0	3,22	15,0	5,25	-97,56	836,19	1887,3		42,77	3,69	
☒ 7,1	1,12	635,0	1,62	15,0	15,5	-50,13	349,85	-495,76		87,51	0,58	
☐ 10,1	1,21	1410,0	0,74	15,0	2,32	-37,12	1125,72	2468,68		38,5	4,15	
☒ 14,15	1,27	15,0	0,42	15,0	68,67	-32,34	181,59	-715,3		90,85	0,42	
☐ 18,1	1,7	15,0	0,5	325,0	16,25	38,97	5000	5000		74,64	1,27	
☒ 21,1	1,3	15,0	0,1	15,0	57,83	9,09	898,29	1527,41		90,18	0,45	
☐ 24,9	1,24	15,0	0,18	480,0	4,14	14,46	1816,4	-1507,03		62,59	2,04	
☒ 28,5	1,33	15,0	0,1	170,0	23,73	21,83	242,93	469,13		87,89	0,56	
☐ 50,1	1,81	15,0	0,1	15,0	31,93	-20,38	309,42	-508,43		79,97	0,97	

Ändere die Länge des Feeders
 Schrittweite(m): 0,5 Länge(m): 3,5
 < > <> >>
START
 Änderungen rückgängig Ergebnisse löschen

Freier Dipol / MRF Ze Anschlusskabel Za Dipol

Gesamtlänge(m): 37,2 Drahtdurchmesser(mm): 1,5 Speisepunkt in Prozent von der Gesamtlänge: 35
 Gesamtlänge 0 => 500hm DummyLoad Speisepunkt = 50% bei symmetrischem Dipol, < 50% für OCF-Dipol
 Verkürzungsfaktor: 0,98
 Za Dipol aktualisieren MultiResonanzFinder (MRF)

☐ Fenster immer oben 30 DL1JWD

Bild 6 Die 37,2m lange und bei 35% gespeiste Doppelzepp mit einem 3,5m langen Feeder aus halboffenem 450Ohm-Kabel von Wireman erzielt mit einem MFJ993B auf fünf Bändern akzeptable Wirkungsgrade.

Beispiel 3 Symmetrischer Tuner

Du hast jetzt zwar eine Doppelzepp die auf 5 Bändern gut arbeitet, aber leider auf dem 160m-Band immer noch nicht zu gebrauchen ist.

Dabei findest du es besonders schade, dass die maximal mögliche Länge des Dipols (44m) nicht ausgenutzt werden kann.

Für das 160m-Dilemma gibt es nur eine Lösung, die i.d.R. auch ziemlich teuer ist - der Einsatz eines (möglichst fernabstimmbaren) symmetrischen Kopplers direkt am Feedereingang.

Dadurch kann der Balun entfallen, der mitunter zum kleinen Heizofen mutieren kann. Die Verluste des Anschlusskabels zum TRX würden sich auf dessen vernachlässigbare Grunddämpfung beschränken, da nun von beidseitiger 50Ohm-Anpassung ausgegangen werden kann.

Beste aber auch teuerste Lösung

Wir kehren noch einmal zum symmetrisch gespeisten 2x22m-Dipol (Beispiel1) zurück und betrachten die Verhältnisse beim Einsatz eines BX-1200 (Bild 8).

Hier bleiben auf 10 Bändern keine Wünsche offen, aber auch auf dem 160m-Band ist ein gerade noch akzeptabler Wirkungsgrad von ca. 75% erreichbar.

Doppelzepprechner DZR 5.0

Datei Tuner Kabel Schaltbild Bedienanleitung

Name: Beispiel_3.dzr

Bemerkung: 2 x 22m Dipol mit symm. ATU

Tuner: ☒ BX-1200 Anschlusskabel: ☐ RG58 2 m Balun: ☐ RG316U 0,6 m Feeder: ☐ Hühnerleiter 600 3,5 m

Tuner-Einstellungen					Ze Feeder		Za Dipol		Transmission		Dämpfung	
F(MHz)	SWR	C1(pF)	L(μH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	dB	
☒ 1,81	1,02	3240,0	58,04	15,0	11,09	-717,42	15,75	-963,73		73,57	1,33	
☒ 3,65	1,0	15,0	11,84	249,0	129,84	430,14	96	217,49		96,7	0,15	
☐ 5,36	1,01	15,0	17,08	45,0	2128,21	-3217,75	593,52	1887,37		93,88	0,27	
☒ 7,1	1,01	15,0	9,84	25,5	185,32	-848,75	4701,54	-2442,14		95,47	0,2	
☐ 10,1	1,04	15,0	5,16	66,0	282,83	731,36	109,73	86,16		96,19	0,17	
☒ 14,15	1,02	15,0	1,52	27,0	100,68	-176,24	1615,95	-1870,37		98,28	0,08	
☐ 18,1	1,01	15,0	2,4	15,0	161,3	-473,31	369,63	953,01		96,99	0,13	
☒ 21,1	1,04	15,0	1,12	75,0	119,13	207,73	970,55	-1454,17		97,7	0,1	
☐ 24,9	1,03	15,0	0,48	33,0	101,06	-64,65	451,66	1057,7		98,66	0,06	
☒ 28,5	1,05	15,0	2,12	18,0	775,93	1293,32	317,57	-789,51		95,36	0,21	
☐ 50,1	1,09	15,0	0,76	18,0	292,93	536,7	152,98	40,44		96,33	0,16	

Ändere die Länge des Feeders: Schrittweite(m) 0,5 Länge(m) 3,5

< < > >

START

Änderungen rückgängig Ergebnisse löschen

Freier Dipol / MRF Ze Feeder Za Dipol

Gesamtlänge(m) 44 Drahtdurchmesser(mm) 1,5 Speisepunkt in Prozent von der Gesamtlänge 50

Gesamtlänge 0 => 500hm DummyLoad Speisepunkt = 50% bei symmetrischem Dipol, < 50% für OCF-Dipol

Verkürzungsfaktor 0,98

Za Dipol aktualisieren MultiResonanzFinder (MRF)

☐ Fenster immer oben 30 DL1JWD

Bild 8 Traumhafte Ergebnisse mit einem symmetrischem ATU!

Trickreiche Lösung mit unsymmetrischem ATU

Wer sich einen symmetrischen Koppler, der möglichst noch fernabstimmbar sein sollte, nicht leisten kann und will, der sollte mal über Thilos (DL9NBJ) interessanten Vorschlag nachdenken.

Thilo macht seinen ATU massiefrei (er "legt ihn hoch") und verbindet ihn ohne Balun direkt mit dem Feeder. Am Eingang des ATU hat er zur Symmetrierung einen so genannten "Keller-Balun" eingeschleift. Dessen Verluste beschränken sich bei beidseitigem 50 Ohm-Abschluss auf die Grunddämpfung.

Doppelzepprechner DZR 5.0

Datei Tuner Kabel Schaltbild Bedienanleitung

Name:

Bemerkung:

Tuner: ☒ MFJ993B
 Anschlusskabel: ☐ RG58 2 m
 Balun: ☐ RG316U 0,6 m
 Feeder: ☐ Hühnerleiter 600 3,5 m

Tuner-Einstellungen					Ze Feeder		Za Dipol		Transmission		Dämpfung	
F(MHz)	SWR	C1(pF)	L(μH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	dB	
☒ 1,81	15,45	15,0	25,86	170,0	11,09	-717,42	15,75	-963,73		12,99	8,86	
☒ 3,65	2,14	15,0	8,1	325,0	129,84	430,14	96	217,49		82,88	0,82	
☐ 5,36	10,22	15,0	5,06	170,0	2128,21	-3217,75	593,52	1887,37		26,73	5,73	
☒ 7,1	1,55	15,0	12,34	15,0	185,32	-848,75	4701,54	-2442,14		91,89	0,37	
☐ 10,1	9,03	15,0	1,7	170,0	282,83	731,36	109,73	86,16		32,22	4,92	
☒ 14,15	1,33	15,0	1,7	15,0	100,68	-176,24	1615,95	-1870,37		96,58	0,15	
☐ 18,1	1,04	15,0	2,42	15,0	161,3	-473,31	369,63	953,01		96,94	0,13	
☒ 21,1	8,23	15,0	0,42	170,0	119,13	207,73	970,55	-1454,17		36,61	4,36	
☐ 24,9	1,49	15,0	0,5	15,0	101,06	-64,65	451,66	1057,7		95,08	0,22	
☒ 28,5	1,57	15,0	2,58	15,0	775,93	1293,32	317,57	-789,51		91,5	0,39	
☐ 50,1	1,53	15,0	0,98	15,0	292,93	536,7	152,98	40,44		92,75	0,33	

Ändere die Länge des Feeders
 Schrittweite(m) Länge(m)

Freier Dipol / MRF Ze Feeder Za Dipol

Gesamtlänge(m) Drahtdurchmesser(mm) Speisepunkt in Prozent von der Gesamtlänge
 Gesamtlänge 0 => 500hm DummyLoad Speisepunkt = 50% bei symmetrischem Dipol, < 50% für OCF-Dipol
 Verkürzungsfaktor

☐ Fenster immer oben 30 DL1JWD

Bild 9 Ein quasi "massiefreier" unsymm. ATU (MfJ993B) kann auf einigen Bändern beachtliche Verbesserungen bringen!

Das Ergebnis ist beachtlich aber stark vom Abstimmbereich des verwendeten unsymmetrischen Kopplers abhängig.

Wie Bild 9 am Beispiel des MFJ993B zeigt sind auf sieben Afu-Bändern hervorragende Wirkungsgrade erzielbar, aber unter den vier nicht abstimmbaren Bändern ist leider wieder das 160m-Band mit dabei.

Beispiel 4 Dipolimpedanz mit EZNEC ermitteln

Reale Dipole hängen oft nicht frei genug, sind abgewinkelt oder Äste gehen schräg nach unten. Deshalb kann das in den bisherigen Beispielen verwendete Modell "Freier (gestreckter) Dipol" in der Regel nur grobe Orientierungswerte liefern.

Große Antennen-Simulationsprogramme, wie z.B. das mittlerweile frei verfügbare EZNEC, ermöglichen u.a. die Berechnung der Eingangsimpedanz von beliebig aufgespannten Dipolen unter Berücksichtigung von Höhe und Bodenverhältnissen.

JWD-CityZepp

In /7/ wird eine mit dem MRF gefundene Doppelzepp für die Bänder 40/20/10m beschrieben die bei 30% ihrer 18m-Gesamtlänge asymmetrisch über einen 2,1m langen Feeder aus 300Ohm-Bandkabel gespeist wird.

Der Balun ist mit 0,5m RG316U auf einen Ringkern FT140-43 gewickelt, das RG58-Anschlusskabel ist 3m lang und führt zum Antennentuner des KX2.

Im konkreten Fall ist der längere Ast des Dipolast waagerecht aufgespannt, der kürzere nur 5,4m lange Ast hängt hingegen senkrecht nach unten.

Klar ist, dass dadurch gegenüber einem gestreckten Dipol im Freiraum größere Verwerfungen der Dipol-Eingangsimpedanzen zu erwarten sind, sodass das im DZR implementierte Modell "Freier Dipol" nur eingeschränkt nutzbar ist.

Der DZR bietet aber die Option, die Eingangsimpedanzen des Dipols selbst zu ermitteln und einzutragen.

Die Tabelle zeigt die mit EZNEC berechneten Eingangsimpedanzen des in 7m Höhe über Real Ground aufgespannten Dipols für drei Frequenzen:

f(MHz)	7,1		14,15		28,5	
	Ra	jXa	Ra	jXa	Ra	jXa
Ze(Ohm)	47,35	-281,3	171,7	-578,1	947.3	-1445

- Öffne mit *Datei / Neu* ein neues Antennenprojekt.
- Setze die Häkchen bei den Frequenzen für das 40/20/10m – Band.
- Öffne die Registerkarte "Za Dipol"
Die Eingabefelder für *Ra* und *Xa* sind jetzt freigeschaltet und du kannst die mit EZNEC ermittelten Dipolimpedanzen eintragen.

- Klicke auf "Eingangsimpedanzen des Anschlusskabels berechnen" und anschließend auf "START" (Bild 10).
- Jetzt kannst du die Feederlängen verändern und ebenso die von Anschlusskabel oder Balunwicklung oder den Typ des ATU und die Auswirkungen auf die die grünen Balken beobachten.

Wichtig: Die eingetragenen Dipolimpedanzen R_a und X_a bleiben unverändert und sind dann fester Bestandteil der Antennendatei!

Doppelzepprechner DZR 5.0

Datei Tuner Kabel Schaltbild Bedienanleitung

Name: Beispiel_4.dzr

Bemerkung: JWD-CityZepp

Tuner: ☒ KX2

Anschlusskabel: ☒ RG58 3 m

Balun: ☒ RG316U 0,5 m

Feeder: 300Ohm Bandltg. 2,1 m

Tuner-Einstellungen					Ze Anschlusskabel		Za Dipol		Transmission		Dämpfung	
F(MHz)	SWR	C1(pF)	L(μH)	C2(pF)	Re(Ω)	Xe(Ω)	Ra(Ω)	Xa(Ω)	Wirkungsgrad	%	dB	
☐ 1,82	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0		0	0	
☐ 3,65	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0		0	0	
☐ 5,36	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0		0	0	
☒ 7,1	1,09	1150,0	0,85	10,0	6,08	-20,85	47,35	-281,3		78,44	1,05	
☐ 10,1	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0		0	0	
☒ 14,15	1,02	10,0	0,2	520,0	9,02	20,49	171,7	-578,1		81,08	0,91	
☐ 18,1	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0		0	0	
☐ 21,1	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0		0	0	
☐ 24,9	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0		0	0	
☒ 28,5	1,06	10,0	0,25	140,0	30,39	40,71	947,3	-1445		83,82	0,77	
☐ 50,1	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0		0	0	

Ändere die Länge des Feeders

Schrittweite(m): 0,5 Länge(m): 2,1

|< < > >|

START

Änderungen rückgängig Ergebnisse löschen

☐ Fenster immer oben

30 DL1JWD

Freier Dipol / MRF Ze Anschlusskabel Za Dipol

Ändere die Dipol-Eingangsimpedanzen $Z_a = R_a + jX_a$!

Eingangsimpedanz Z_e des Anschlusskabels berechnen

Bild 10 Gute Wirkungsgrade einer JWD-CityZepp auch auf Basis der mittels EZNEC berechneten Dipolimpedanzen

Messungen mit dem NanoVNA

Sind die alle Kabeldaten genau bekannt, kannst du die Dipolimpedanzen auch indirekt durch Messung der Eingangsimpedanzen von wahlweise Anschlusskabel, Balun oder Feeder ermitteln.

Beachte vor allem, dass zu Beginn im DZR die Feederlänge, bei der gemessen wurde, genau einzustellen ist!

Die weitere Vorgehensweise ist analog zu Beispiel 4, nur dass du diesmal die Registerkarte "Ze Anschlusskabel/Balun/Feeder"⁴ öffnest und nach Eintragung der Messwerte Re , Xe auf "Berechne Eingangsimpedanzen des Dipols" klickst.

Sind die Z_a -Werte übernommen kann zwecks Optimierung die Feederlänge verändert werden.

Eingabe neuer Bauelemente

Die allgemein verfügbaren Tuner- und Kabeltypen 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.

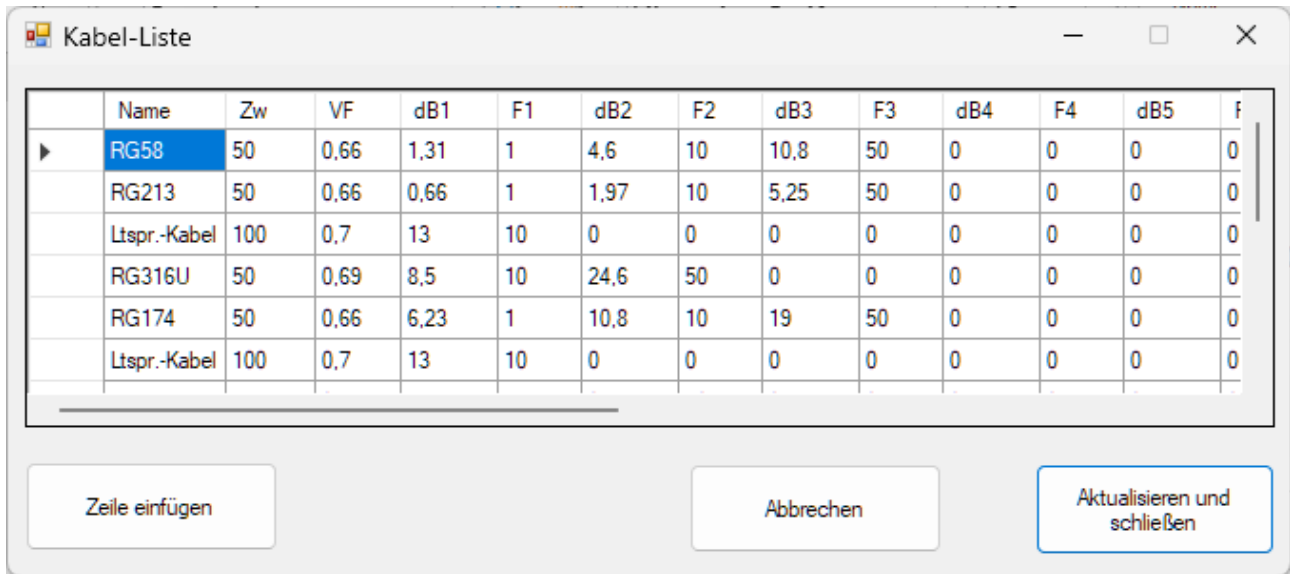
Die im DZR grundsätzlich verwendeten Maßeinheiten sind **MHz**, **Ohm**, **µH**, **pF**, **dB** und Meter(**m**).

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.
- 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.
- Die Reihenfolge der paarweisen Einträge ist egal. Um die Dämpfung für eine bestimmte Frequenz zu berechnen, sucht sich das Programm den nächstliegenden Messpunkt und interpoliert von dort aus nach der Wurzelmethode, z.B.

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

4 Die Beschriftung ändert sich automatisch in Abhängigkeit von der Konfiguration des Antennensystems.



	Name	Zw	VF	dB1	F1	dB2	F2	dB3	F3	dB4	F4	dB5	f
▶	RG58	50	0,66	1,31	1	4,6	10	10,8	50	0	0	0	0
	RG213	50	0,66	0,66	1	1,97	10	5,25	50	0	0	0	0
	Ltspr.-Kabel	100	0,7	13	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	RG316U	50	0,69	8,5	10	24,6	50	0	0	0	0	0	0
	RG174	50	0,66	6,23	1	10,8	10	19	50	0	0	0	0
	Ltspr.-Kabel	100	0,7	13	10	0	0	0	0	0	0	0	0

Buttons: Zeile einfügen, Abbrechen, Aktualisieren und schließen

Bild 11 Liste der Kabel: Beachte, dass immer zuerst der dB-Wert und danach die Bezugsfrequenz einzutragen sind

- Das Eintragen weiterer Messpunkte ergibt nur dann einen Sinn, wenn sich diese im betrachteten Frequenzbereich der Antenne befinden.
- 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.

1:1 Strombaluns modellieren

- 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 möglichst genau 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 lassen sich als Tuner nur Pi-Filter mit Tiefpass-Struktur verarbeiten. Für anders strukturierte Tunertypen, wie z.B. [Christiankoppler](#), der auch als Hochpass funktioniert, sollte der identisch aufgebaute [HP-/TP-Doppelzepprechner](#) verwendet werden.

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

	Name	symm	C1min	C1max	dC1	Lmin	Lmax	dL	C2min	C2max	dC2
▶	Idealer Tuner	☐	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MFJ993B	☐	15	3923	155	0,1	25,9	0,08	15	0	0
	KX2	☐	10	1241	10	0,1	8	0,05	10	0	0
	SG230	☐	15	6320	100	0,1	64	0,25	15	775	25
	LDG11MP	☐	15	3840	15	0,1	25,6	0,1	15	0	0
	BT-1500A	☒	10	1000	1	0,1	44	0,1	10	0	0
	BX-1200	☒	15	4335	1,5	0,4	68,5	0,04	15	0	0

Buttons: Zeile einfügen, Abbrechen, Aktualisieren und schließen

Bild 12 Liste der LC-Tuner: bitte besonders die Hinweise zu C2 beachten!

- 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 der DZR erkennt, dass es sich um ein "unechtes" CF handelt, sind in der "Tunerliste" 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 **unsymmetrischen** 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.

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

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

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

$C2_{\max}=0$; $dC2=0$; ("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. $L=5,8\mu\text{H}$ bedeutet dann $2,9\mu\text{H}$ pro Zweig.
- Das Häkchen in der Spalte "**symm**" hat nur für die zeichnerische Darstellung im "Schaltbild" - Fenster Bedeutung.

Literatur

/1/ Doberenz, W., DL1JWD: Mit dem MultiResonanzFinder auf Jagd nach der "Wunderantenne", FA 7/20, S. 604-605

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

/3/ Steyer, M., DK7ZB: 1:1-Breitband-Baluns zur Speisung von Zweidrahtleitungen. FA 12/15, S. 1314-1315

/4/ Graubner, N., DL1SNG: Ferngesteuerter symmetrischer Antennenkoppler für 200 W. FA 8/2015, S. 864-867

/5/ Kark, K.: Antennen und Strahlungsfelder. Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden 2004

/6/ Doberenz, W., DL1JWD: Optimierung zweidrahtgespeister Dipolantennen per Software; FA 7/2017, S. 624-627

/7/ Doberenz, W., DL1JWD: Erweiterungsfähige Multibandantenne. CQ DL 4/2023, S.28-30