

## Kleiner Netzwerkanalysator V2.6

Der KNWA entstand als kurzfristige Reaktion auf das zahlreiche Feedback zu meinem Beitrag "[SWR gut - alles gut?](#)" in der CQ-DL 4/19<sup>1</sup> und basiert auf einem abgerüsteten [HamVNAS](#) bei gleichzeitigem Einbau neuer Funktionen.

Aufbau und Bedienung sind weitgehend identisch geblieben, eine detaillierte Beschreibung der elektrischen Parameter der Bauelemente ist dem Handbuch von HamVNAS zu entnehmen.

Im Unterschied zu HamVNAS ermöglicht der KNWA keine Synthese von Antennenanpassungen dafür aber einige neue Bauelemente, eine detaillierte Verlustanalyse und direkte Spannungsmessungen.

Neben dem obligatorischen *Generatorwiderstand*  $R_G$  (Innenwiderstand der PA) und der *Lastimpedanz*  $Z_A$  (Eingangsimpedanz von Antenne bzw. Antennenzuleitung) sind folgende Bauelemente verfügbar und können frei platziert werden:

- *Ohm'scher Widerstand* (R)
- *Kapazität* (C)
- *Induktivität* (L)
- *einfach angezapfte Induktivität* (La1)
- *zweifach angezapfte Induktivität* (La2)
- *Zweiwicklungsübertrager* (U2)
- *Dreiwicklungsübertrager* (U3)
- *Koaxkabel* (CC)
- *Bandkabel* (RC)
- *Dipol* (DIP)
- *Groundplane* (GP)
- *Voltmeter* (VM)

Baluns können durch Koax- bzw. Bandkabelstücke modelliert werden.

Alternativ zur Lastimpedanz  $Z_A$  sind auch Antennen direkt als Bauelemente einsetzbar:

- *Dipol (symmetrisch oder unsymmetrisch)* (DIP)
- *Groundplane* (GP)

Das Programm wobbelt die Antennen-Fußpunktimpedanz auf Basis der geometrischen Abmessungen der Antenne und den daraus abgeleiteten Integralen der Antennentheorie. Damit ist die Analyse von Antennenanpassungen nicht mehr nur auf einen einzigen Frequenzpunkt beschränkt, sondern kann auf den gesamten KW-Bereich ausgedehnt werden.

Ab der Version 2.0 gibt es eine weitere Alternative zur Lastimpedanz  $Z_A$ :

- *Eingangsreflexion* (S11)

Diesen wichtigen S-Parameter kann man leicht z.B. mit einem **NanoVNA** messen oder auch aus EZNEC oder MMANA übernehmen und erspart sich dadurch lästige Rechnereien<sup>2</sup>.

---

1 Tnx an Hans, DJ7BA, der als glühender Anhänger des weltweit verbreiteten *SimSmith* mich zu dieser außerplanmäßigen Aktion angestachelt hat ;-)

2 Tnx an Harald, DJ7PRM, von dem diese Anregung kam.

Beachte aber, dass die Simulation mit "S11", genauso wie mit "ZA", immer nur für einen einzigen Frequenzpunkt gilt und ein breitbandiges Wobbeln zu fehlerhaften Ergebnissen führen kann.

Ab der Version 2.6 sind die Symbole für Koax- und für Bandkabel verkleinert, damit sie nicht mehr so viel Platz auf der Designeroberfläche einnehmen. So ist es möglich, mehr Bauelemente in einem Segment unterzubringen, was insbesondere bei der Verlustanalyse von Antennenanpassungen sehr hilfreich ist <sup>3</sup>.

---

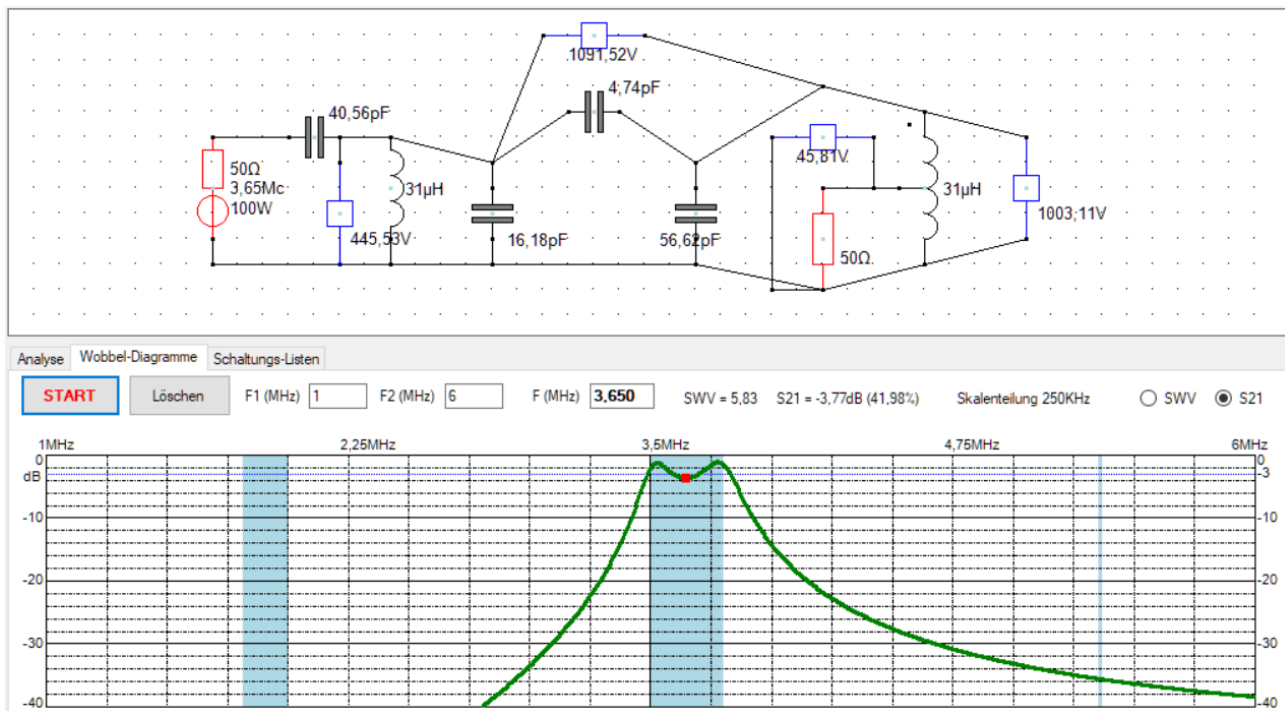
3 Tnx Urs, HB9MPN, für diese Anregung.

## Beispiel 1: Bandpass für das 80m-Band

Lade über **Datei/Öffnen** die Datei *Beispiel\_1.ama*. Das Schaltbild ist bewusst etwas "chaotisch" gezeichnet, um zu zeigen, dass die Bauelemente beliebig gedreht und frei platziert werden können und z.B. auch Leitungsüberkreuzungen möglich sind.

Wähle (unten links) den Reiter "Wobbel-Diagramme", klicke ganz rechts die Option "S21" und dann den **START**-Button.

Nun kannst Du das Frequenzlineal im Diagramm bewegen und Dir die aktuellen Werte für Durchgangsdämpfung und eingangsseitiges SWR anzeigen lassen.



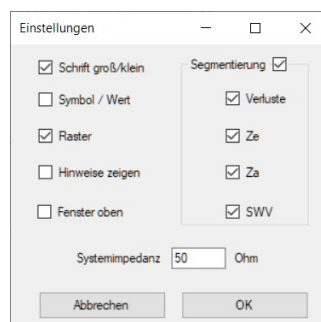
Der Verlauf der Wobbelkurve entspricht dem einer 2-Port-Durchgangsmessung mit dem VNA.

Klickst Du auf den **Analyse**-Reiter und anschließend wieder auf **START** so siehst Du ganz unten im Datengitter die verschiedensten Betriebsparameter der Schaltung bezogen auf die im Fenster oben links eingetragene Hauptfrequenzmarke (3,65MHz).

## Beispiel 2: Verlustanalyse des 80m-Bandpasses

Um die Schaltung unseres 80m-Bandpasses einer Verlustanalyse zu unterziehen, müssen die Bauelemente in eine bestimmte Ordnung umgruppiert werden.

Öffne das Menü **Einstellungen** und aktiviere die **Segmentierung** und weitere Optionen:



Im Designer ist jetzt ein blaues Gitter eingeblendet. Durch Verschieben der Bauelemente und Verbindungen muss nun ein regelkonformes Schaltbild entstehen ohne dabei natürlich das elektrische Verhalten des Netzwerks zu verändern.

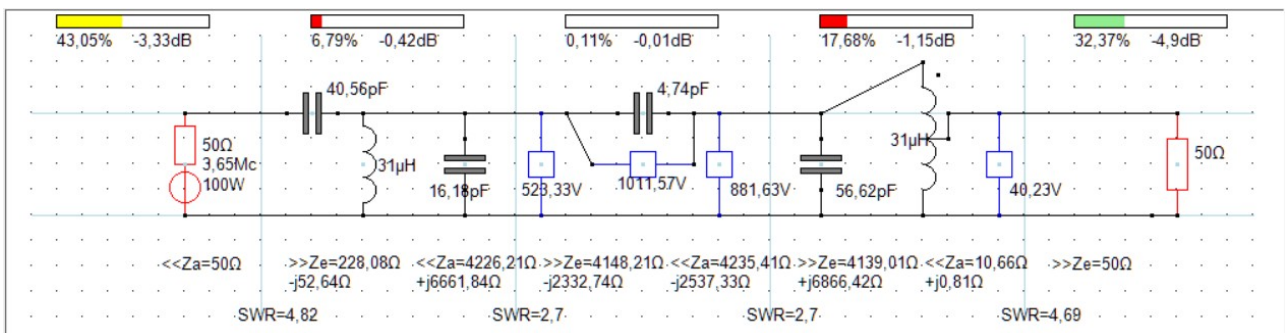
Folgende Regeln sind einzuhalten:

- Der Generatorwiderstand (**RG**) muss immer ganz links (im ersten Segment), die Lastimpedanz **ZA** ganz rechts (im fünften Segment) platziert werden.
- Zwischen benachbarten Segmenten sind nur **zwei** Verbindungen (Drähte) erlaubt. Diese müssen exakt auf der Höhe der beiden waagrechten Linien des blauen Gitters liegen.
- Das Platzieren von Bauelementeanschlüssen direkt auf den Kreuzungspunkten des Gitters ist zu vermeiden.
- Die Anschlüsse eines Bauelements dürfen **nicht** in verschiedenen Segmenten liegen.

Um Bauelemente oder Verbindungen zu verschieben ziehe um sie herum, bei gedrückt gehaltener **rechter** Maustaste, einen Rahmen, klicke dann mit der **linken** in diesen hinein und verschiebe ihn bei gedrückt gehaltener linker Maustaste an die neue Position.

Wem das Umgruppieren zu umständlich ist, der sollte besser völlig neu beginnen (siehe Beispiel 3).

Um die Verlustanalyse durchzuführen aktiviere den **Analyse**-Reiter und klicke die Schaltfläche **START**:



Unterhalb der Schaltung siehst Du die jeweiligen Ein- und Ausgangsimpedanzen ( $Z_e$  bzw.  $Z_a$ ) und das SWR an den Schnittstellen der Segmente.

### Was bedeuten die Balken über den fünf Segmenten?

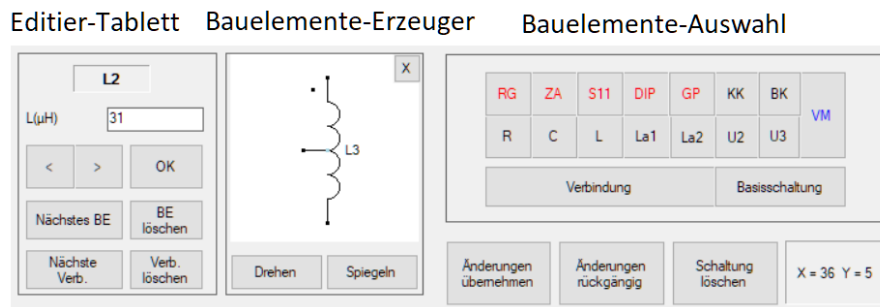
Der gelbe Balken (ganz links, 43,05%), zeigt die Verluste durch Fehlanpassung der PA. Gelb ist der Balken deshalb, weil dies ja keine Wärmeverluste sind.

Der 50Ohm-Innenwiderstand der Quelle "sieht" die komplexe Last  $Z_e(\text{Ohm}) = 228 - j52,6$  das entspricht einem  $\text{SWR} = 4,82$  bzw. Einbußen von 43%, es handelt sich also hier um eine deutliche Fehlanpassung.

Die drei mittleren Segmente sind auf unterschiedliche Weise beteiligt, zusammen mit dem ersten Segment ergeben sich Gesamtverluste von 67,63%.

Der verbliebene Rest (32,37%) wird durch den grünen Balken über dem letzten Segment angezeigt, es ist die **Vorwärtstransmission S21** der Schaltung (-4,9dB) bzw. Durchgangsdämpfung (4,9dB), d.h., bei einer PA-Leistung von 100W werden im Lastwiderstand 32,37W umgesetzt.

### Beispiel 3: Entwurf einer Schaltung (80m-Bandpass)



Die Bedienung des Designers ist nicht schwer und wird schnell zur Routine. Hier soll Schritt für Schritt gezeigt werden, wie Du eine für die Verlustanalyse regelkonforme Schaltung von Grund auf selbst erzeugst.

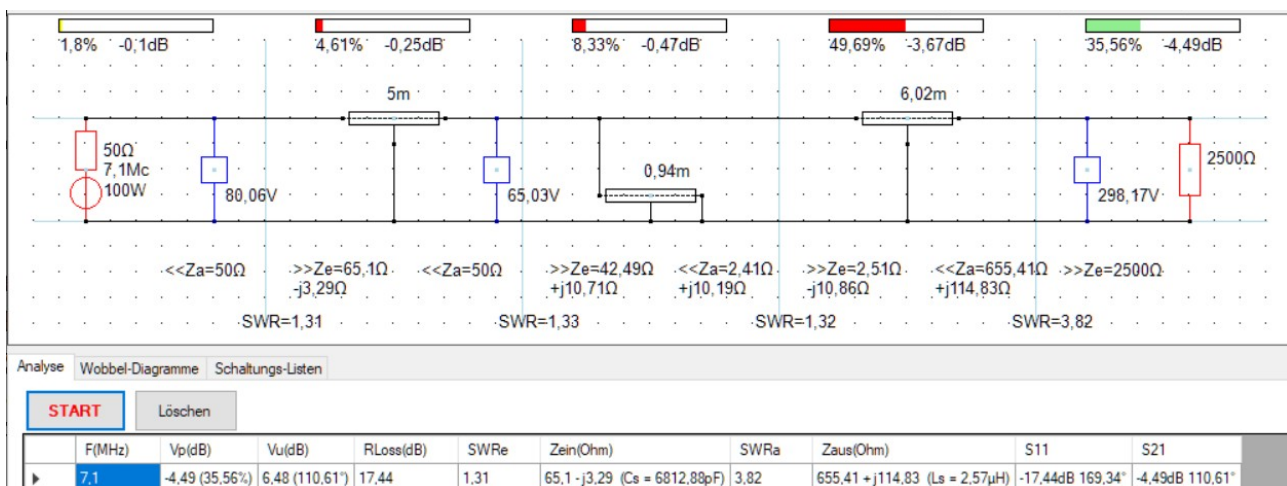
- Öffne mit **Datei/Neu** eine neue leere Schaltungsdatei.
- Öffne das Menü **Einstellungen**, aktiviere die Segmentierung und setze darunter die erforderlichen Häkchen für die Anzeigeoptionen unterhalb der Schnittstellen der einzelnen Segmente (Verluste, Ze, Za, SWV).
- Nachdem Du den Dialog mit **OK** geschlossen hast, klickst Du in der **Bauelemente-Auswahl** (oben rechts) auf den Button **RG**. Das Symbol für den Innenwiderstand der PA erscheint im **Bauelemente-Erzeuger** (das Fensterchen links daneben) und muss dort so gedreht (**Drehen**) und gespiegelt (**Spiegeln**) werden wie es später an seiner endgültigen Position erscheinen soll.
- Klicke mit der linken Maustaste in das **erste** Segment des Designers (links neben der ersten blauen Linie) und verschiebe (bei gedrückt gehaltener Maustaste) das Bauelement an seine endgültige Position und lasse erst dort die Maustaste wieder los. Ein Drehen oder Spiegeln des Bauelements ist hier nicht mehr möglich.
- Klicke in der **Bauelemente-Auswahl** auf den Button **C**, drehe das C-Symbol im **Bauelemente-Erzeuger** in die gewünschte Lage und platziere es im zweiten Segment.
- Auf analoge Weise verfare mit den anderen Bauelementen der drei mittleren Segmente.
- Klicke in der **Bauelemente-Auswahl** auf den Button **ZA** (Antennenimpedanz) und platziere dieses Bauelement im fünften Segment (ganz rechts).
- Stelle nun die Verbindung zwischen den Bauelementen her, indem Du zunächst auf die **Verbindung**-Schaltfläche klickst. Dann klickst Du auf einen Anschluss und ziehst (bei gedrückt gehaltener Maustaste) die Verbindungslinie bis zum anderen Anschluss. Erst dort lässt Du die Maustaste wieder los.
- Stelle die restlichen Verbindungen her. Dazu brauchst Du die **Verbindung**-Schaltfläche nicht erneut zu klicken, sondern Du fährst einfach fort, indem Du auf den Startpunkt der nächsten Verbindung klickst, die Verbindung ziehst, die Maus loslässt usw.
- Setze Bauelemente vom Typ **VM** (Voltmeter) an die Stellen, wo Du die Spannungen messen möchtest.

- Einzelne Bauelemente kannst Du wieder entfernen, indem Du sie zunächst aktivierst (in die Nähe des blauen Punkts in der Mitte klicken). Das Bauelement erscheint jetzt rot umrandet und wird gelöscht, wenn Du auf **BE löschen** klickst (oder **Entf**-Taste der Rechnertastatur). Alternativ zum Anklicken kannst Du, bei gedrückt gehaltener rechter Maustaste, auch einen Rahmen um den zu löschenden Schaltungsausschnitt aufziehen.
- Spätestens jetzt solltest Du mit **Datei/Speichern als ...** die Schaltung unter einem aussagekräftigen Namen sichern.
- Das Zuweisen der elektrischen Parameter geschieht durch Anklicken des Bauelements (es erscheint rot umrandet) und Zuweisen der Werte im **Editier-Tablett**. Dessen **OK**-Schaltfläche brauchst Du erst dann zu klicken, nachdem alle Parameter des Bauelements eingegeben sind.

## Beispiel 4: Endgespeiste $\lambda/2$ -Koaxantenne (J-Antenne)

Dieses Beispiel bezieht sich auf meinen Beitrag "SWR gut - alles gut? in CQDL 4/2019 (Aufmacherbild S.28).

Lade über Datei/Öffnen die Datei Beispiel 4.ama, wähle (unten links) den Analyse-Reiter und klicke daneben auf **START**.



Die auf dem Weg zur Antenne verlorengegangenen 64,44W setzen sich also wie folgt zusammen:

- 1,8W Verluste durch Fehlanpassung
- 4,61W Wärmeverluste im 5m langen RG58-Speisekabel
- 8,33W Wärmeverluste in der 0,94m langen RG58-Stichleitung
- 49,69W Wärmeverluste in der 6,02m langen RG58-Transformationsleitung

Die geringfügig abweichenden Ergebnisse gegenüber dem CQDL-Beitrag lassen sich auf eine Verbesserung des Kabelmodells zurückführen:

**Die Bezugsfrequenz  $f_b$  der Kabeldämpfung ist im KNWA nicht mehr wie bei den Vorgängern starr auf 10MHz festgelegt.**

**Entsprechend den zur Verfügung stehenden Katalogdaten bzw. Messwerten kann man  $f_b$  jetzt möglichst nahe der Arbeitsfrequenz wählen.**

Die Interpolation der Kabeldämpfung  $a$ (dB) für die Arbeitsfrequenz  $f$  erfolgt wie üblich nach der bekannten Wurzelmethode:

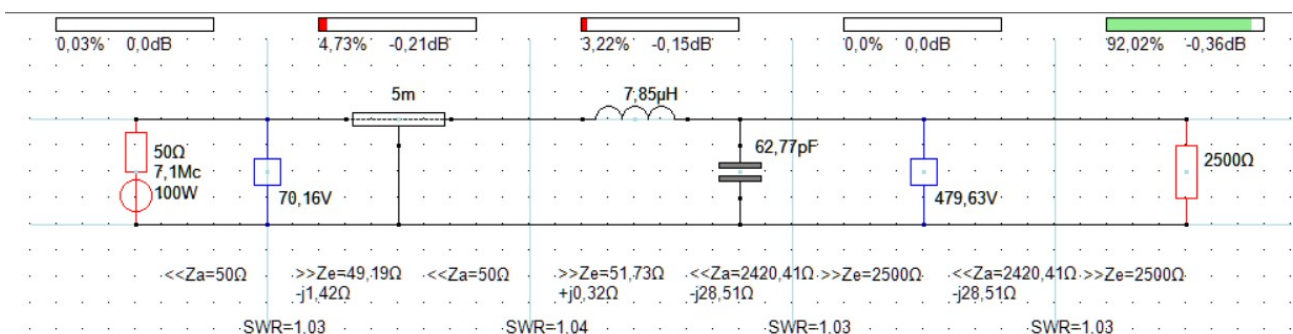
$$a(\text{dB})_f = a(\text{dB})_{f_b} \sqrt{\frac{f}{f_b}}$$

Um die Kabelparameter zu editieren, klicke in die Mitte des Kabels (es erscheint dann rot umrandet). Nun kannst Du im **Editier-Tablett** (oben links) mit den Pfeiltasten zwischen den Parametern navigieren und erkennst, dass die Kabeldämpfung des RG58 mit 4dB bei 7MHz eingetragen ist. Entsprechend der Wurzel-Approximation sind das bei 7,1MHz ca. 4,03dB.

Änderst Du die **Hauptfrequenzmarke** (Eingabefeld oben links) und klickst auf **START**, so wird die Ergebnisliste am unteren Rand des Hauptfensters um eine weitere Zeile ergänzt (ähnlich wie im bekannten Antennen-Simulationsprogramm MMANA-GAL).

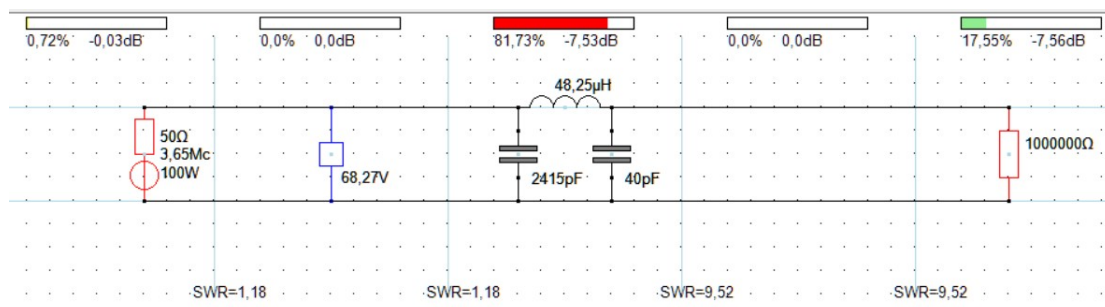
## Beispiel 5: $\lambda/2$ -Antenne mit LC-Anpassglied

Die Datei *Beispiel 5.ama* enthält die deutlich verlustärmere Alternative zur obigen, immer noch sehr beliebten, Koaxantenne (siehe Bild 2 in CQDL 4/19, S.29).



## Beispiel 6: Kamikaze eines Automatikkopplers

Die Schaltung in *Beispiel 6.ama* demonstriert die Selbstzerstörung eines SG-230 aufgrund des nicht angeschlossenen Antennenkabels (siehe Bild 3 in CQDL, S.29):

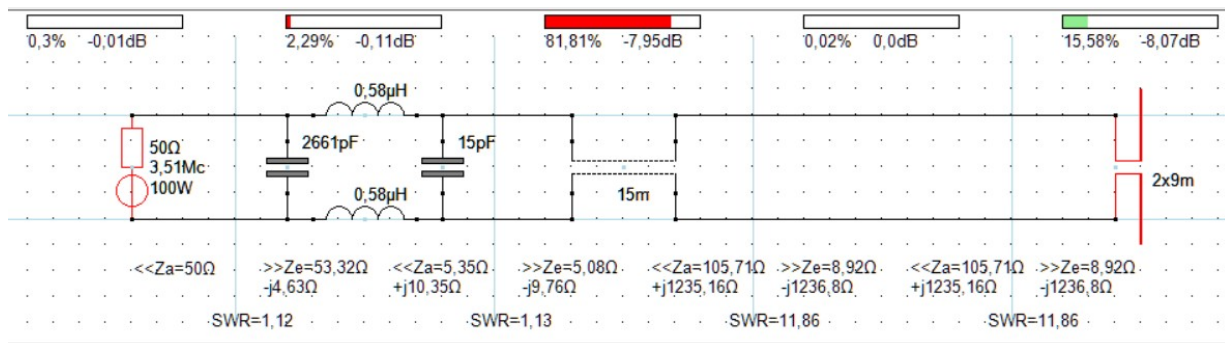


Das "vergessene" Antennenkabel ist hier durch einen sehr hochohmigen Lastwiderstand (1MΩ) nachgebildet.

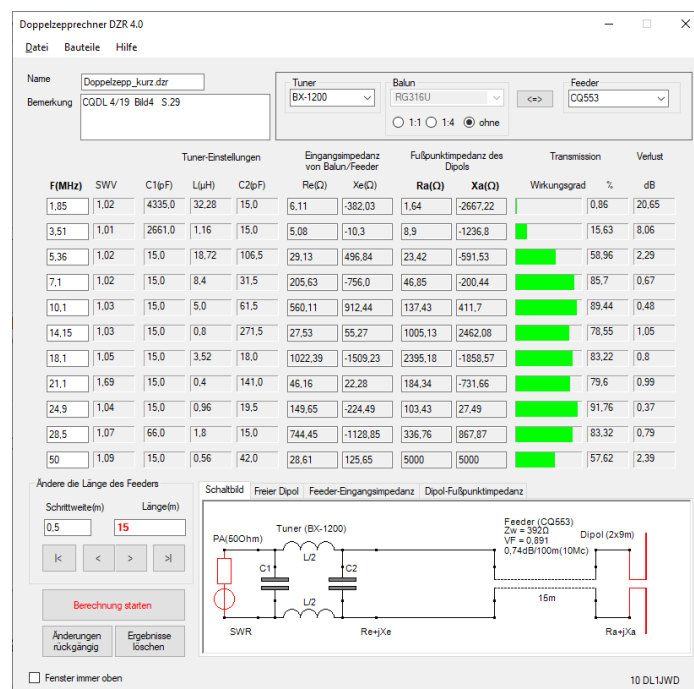
## Beispiel 7: Kurze Doppelzepp 2x9m

Die Datei *Beispiel 7.ama* entspricht dem dritten Antennensystem meines CQDL-Beitrags (CQDL 4/19, Bild 4, S.29). Dass die Werte geringfügig abweichen liegt an den jetzt genaueren Kabeldaten des CQ553:  $Z_w = 392\Omega$ ,  $VF = 0,89$ ,  $a = 0,63\text{dB}/100\text{m}$  bei 3,5 MHz sowie dem hier verwendeten symmetrischen Antennenkoppler BX-1200.





Wie man sieht, hat diese Doppelzepp auf dem 80m-Band trotz gutem SWR nur einen sehr geringen Wirkungsgrad (15,6%), da fast die gesamte Leistung im 15m langen Feeder verloren geht. Die zur Abstimmung erforderlichen LC-Werte des ATU lassen sich vorab mit dem [Doppelzepp-Rechner](#) ermitteln:

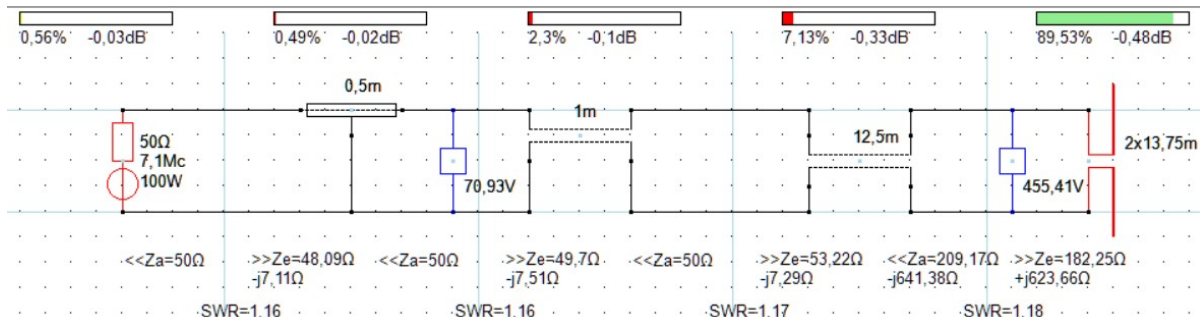


## Beispiel 8: ZS6BKW-"Wunderantenne"

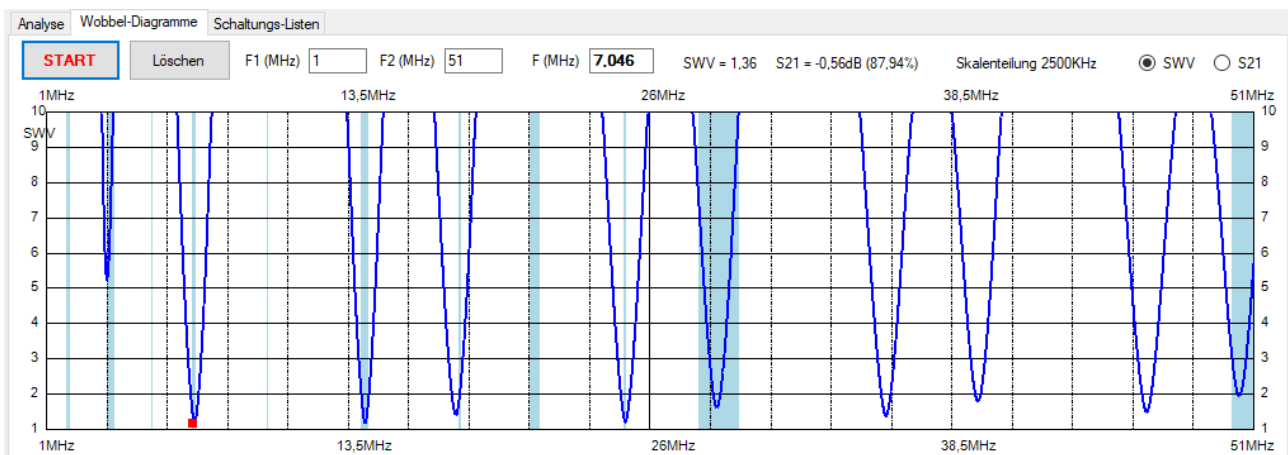
- Öffne die Datei *ZS6BKW.ama* um diese berühmte und u.a. [hier](#) ausführlich beschriebene Antenne zu laden.  
Der "Balun für undefinierte Impedanzen" besteht aus 1m Zweidrahtleitung ( $Z_w=102\Omega$ ) und der Feeder aus 12,5m Wireman-Bandkabel CQ553 (richtig eingesetzt ist dieses Kabel weitaus besser als sein Ruf!).
- Klicke im Schaltbild rechts auf das rote Symbol des Dipols. Wie auch bei allen anderen Bauelementen kannst Du im **Editier-Tablett** mit den Pfeiltasten zwischen den Dipol-Parametern navigieren (Länge = 27,5m; OCF-Anzapfung = 50%, d.h. symmetrische Speisung; Drahtstärke  $d = 2\text{mm}$ ) und sie evtl. ändern.
- Im Menü **Einstellungen** setzt Du die Häkchen für die Verlustanalyse.



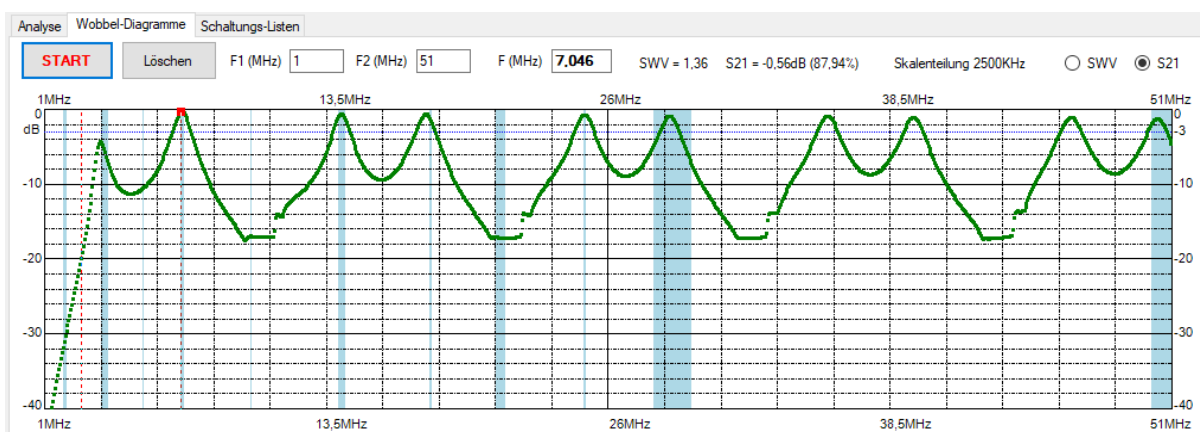
- Klicke **START** für eine Verlustanalyse (ohne Antennentuner!) z.B. für 7,1MHz:



- Wähle den Reiter **Wobbel-Diagramme**, trage Anfangs- und Endfrequenz des zu durchlaufenden Bereichs ein (1...51MHz) und klicke **START**.
- Der SWV-Verlauf bestätigt die 5 Resonanzen, d.h., das SWV auf den Bändern 40m, 20m, 12m, 10m und 6m ist kleiner als 2 (die 11 Afu-Bänder sind durch hellblaue Balken markiert):



- Auch den Verlauf der Vorwärtstransmission (S21) kannst Du anzeigen lassen:



- Mit der Maus verschiebst Du ein senkrechtes rotes Frequenzlineal über dem Diagramm, um dabei (oberhalb des Diagramms) kontinuierlich **SWV** und **Vorwärtstransmission** abzulesen. Du kannst auch die Frequenz direkt eintragen und mit ENTER abschließen.

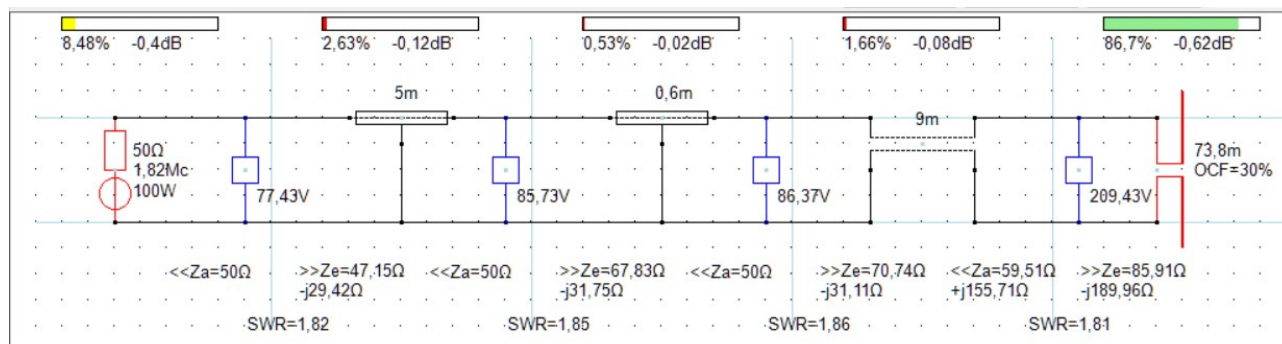
**Hinweis:** Nach Wechsel vom "Analyse"-Modus in den "Wobbel"-Modus (und umgekehrt) ist stets erneut auf **START** zu klicken!

## Beispiel 9: JWD-Allband-Doppelzepp

Im FA 7/20 und in der CQDL 12/20 habe ich diese mit dem [MultiResonanzFinder \(MRF\)](#) aufgespürte Antenne vorgestellt.

Im Vergleich zur ZS6BKW ist sie auf allen(!) 11 Afu-Bändern (inkl. 160m) einsetzbar, erreicht dafür aber mit 73,8m beachtliche Abmessungen.

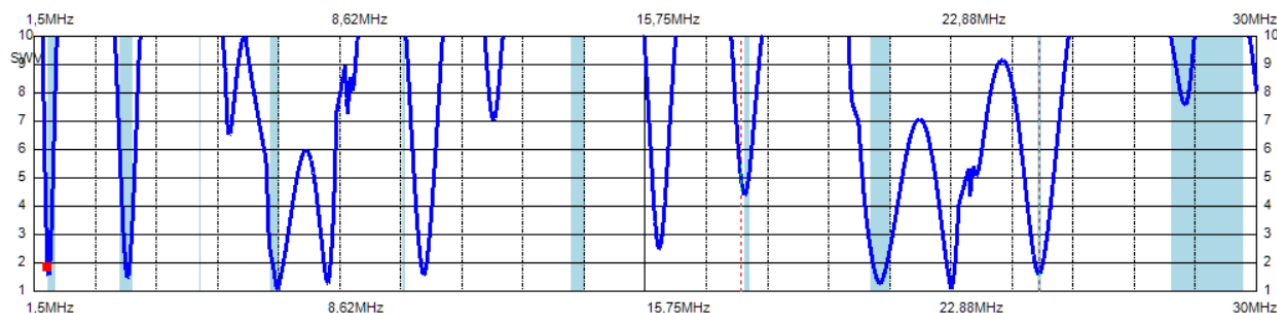
Hier die Verlustanalyse für das 160m-Band (*Beispiel 9.ama*):



Die PA ist über 5m RG58 mit einem 1:1 Balun aus 0,6m RG316U (auf FT140-43 Ringkern) verbunden.

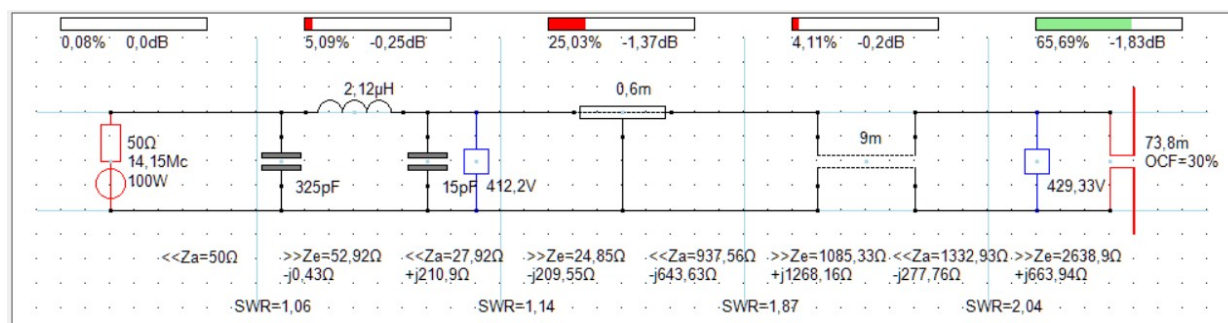
Es folgt ein 9m Feeder aus CQ553-Bandleitung, der zu einem 73,8m langen, bei 30% eingespeisten, OCF-Dipol führt.

Das SWR-Diagramm zeigt Resonanzen auf 6 Bändern (160m, 80m, 40m, 15m, 12m und 6m):



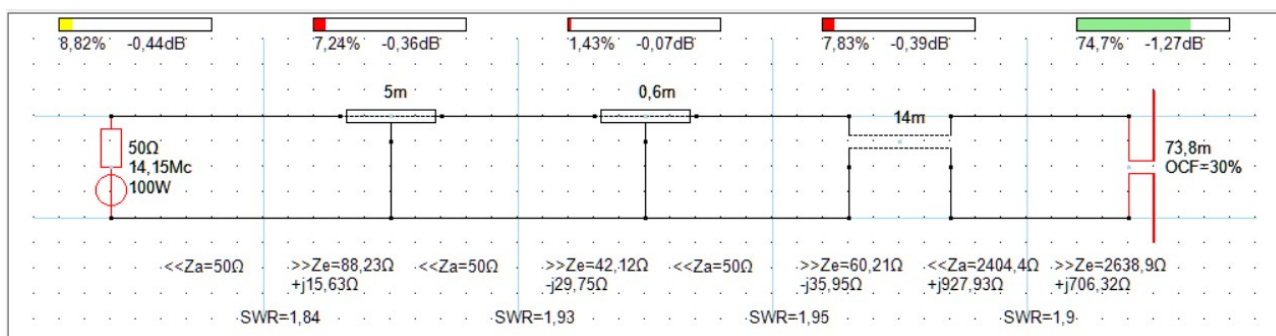
Wie der [Doppelzepprechner](#) bestätigt, lassen sich auch alle anderen Bänder mit einem Antennentuner zum Leben erwecken ( $SWR < 2$ ).

Hier aber kann es bei längerem Sendebetrieb zu einer Überhitzung des Baluns kommen, z.B. auf dem 20m-Band:



Das Beispiel verdeutlicht, dass bei 14,15MHz und 100Watt Output der Balun mit knapp 25Watt "geheizt" wird (*Beispiel 9\_14Mc.ama*).

Allerdings kann mit einer Verlängerung des Feeders um ca. 5m die *JWD-Allband-DZ* auch auf dem 20m-Band ohne Tuner betrieben werden<sup>4</sup>:

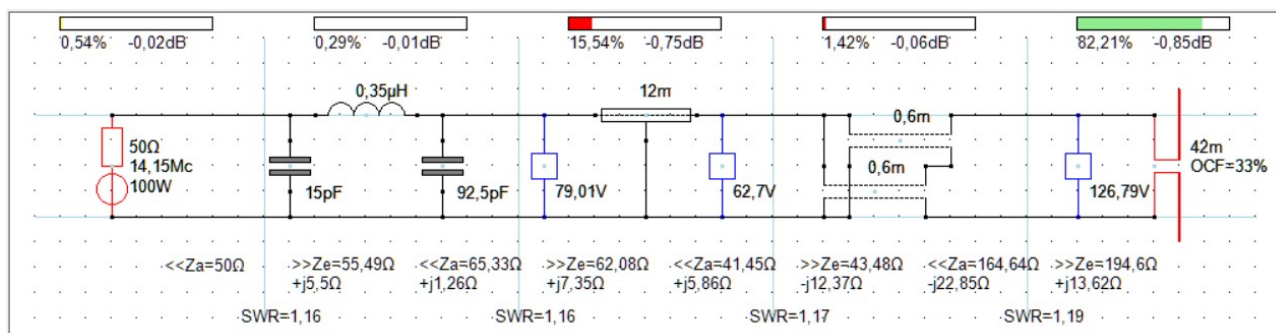


**Achtung:** Durch die Feederverlängerung werden teilweise andere Resonanzen zerstört, wovon man sich nach Umschalten in den Wobbelmodus überzeugen kann.

## Beispiel 10: Windom-Antenne

Ab Version 4.0 des [Doppelzepprechners](#) lassen sich auch Antennen optimieren, bei denen der Balun direkt im Speisepunkt des Dipols sitzt.

Eine damit gefundene, mit dem Tuner MFJ-993B für 20m-Betrieb angepasste, 42m-Windom wird hier einer detaillierten Verlustanalyse unterzogen (*Beispiel 10.ama*):



## Beispiel 11: Zusätzliches Band mit Parallel-C im Feeder

Wenn man an einer bestimmten Stelle den Feeder eines Dipols mit einer zuschaltbaren Kapazität überbrückt kann eine zusätzliche Resonanz erzeugt werden<sup>5</sup>.

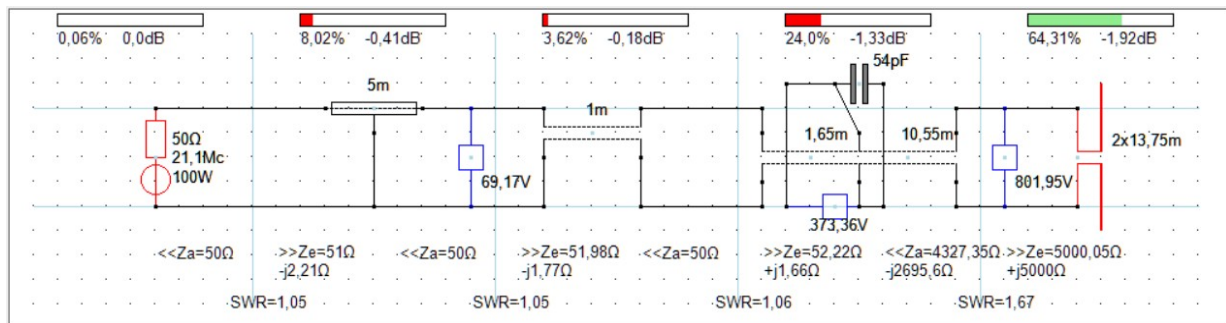
Mit dem [CFinder](#) lässt sich berechnen, ob und an welcher Position ein bestimmtes C angeschlossen werden muss um zum gewünschten Ergebnis zu gelangen.

In unserem Beispiel wird die ZS6BKW an das 15m-Band angepasst, indem im Abstand von 1,65m vom Balunausgang der Feeder mit 54pF überbrückt wird. Am Kondensator liegen ca. 373Veff an, er sollte also mit ca. 1kV belastbar sein.

Inwieweit durch diesen Eingriff die anderen Resonanzen der ZS6BKW in Mitleidenschaft gezogen werden, lässt sich im Wobbelmodus des KNWA ermitteln.

<sup>4</sup> Tnx Mark (2E0VSS), der das herausgefunden hat.

<sup>5</sup> Tnx Peter, HB9PMG, und Urs, HB9MPN, für entsprechende Anregungen.



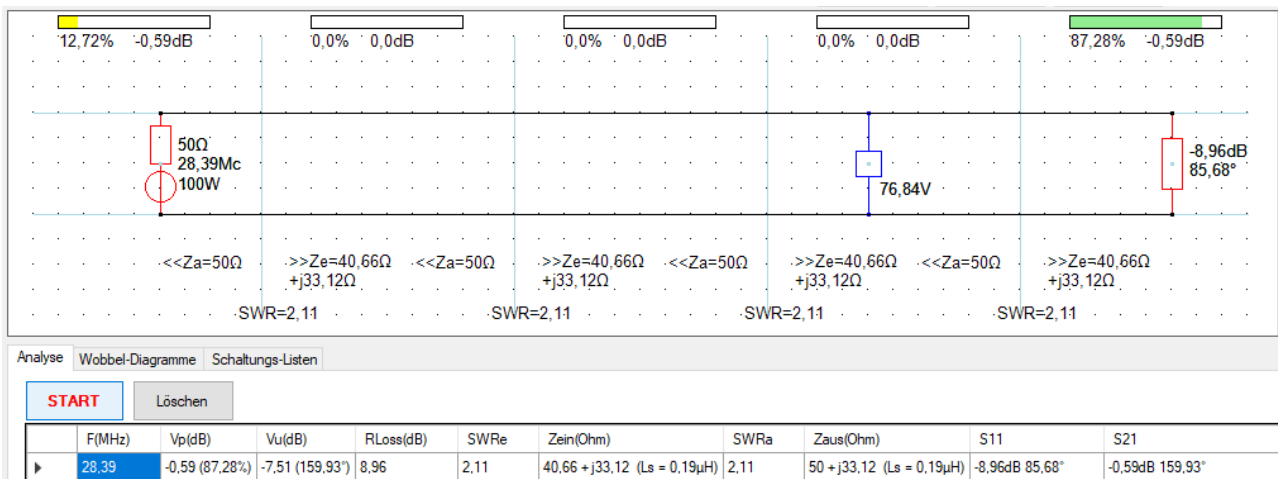
## Beispiel 12: Antennenanalyse mit NanoVNA

In der Datei *Beispiel 12.ama* wird am einfachsten Fall gezeigt, wie Du als Alternative zu **ZA** auch direkt den Eingangsreflexionsfaktor **S11** einsetzen kannst.

Wir nehmen hier an, dass Du mit Deinem NanoVNA am Eingang des Antennenspeisekabels für S11 die Werte  $-8.957\text{dB}$  und  $85,68^\circ$  gemessen hast.

Setze anstelle von "ZA" das Bauelement "S11" in das äußerste rechte Segment des Designers und weise ihm die beiden Werte zu.

Du siehst, dass "S11" noch zwei weitere Parameter anbietet: RA und jXA. In diese beiden Felder trägst Du aber nichts ein, sie dienen nach Abschluss der Analyse lediglich zur Kontrollanzeige der Lastimpedanz ZA, die der KNWA aus S11 errechnet hat ( $40,7\text{Ohm} + j33,1\text{Ohm}$ ).



# Kurzanleitung zur Bedienung des Designers

- Jede Schaltung hat genau einen Generatorwiderstand RG und eine Lastimpedanz ZA (oder Dipol, Groundplane oder Eingangsreflexion S11).
- **Bei eingeschalteter "Segmentierung" sind einige Besonderheiten zu beachten, da ansonsten keine exakten Verlustanalysen und SWR-Berechnungen möglich sind:**
  - RG ist immer im ersten und ZA (oder DIP , GP oder S11) immer im letzten Segment zu platzieren
  - die Verbindungsdrähte zwischen den Segmenten müssen die senkrechten blauen Linien auf gleicher Höhe wie RG bzw. ZA, DIP oder GP schneiden
  - Bauelemente dürfen nicht auf den senkrechten blauen Linien liegen
  - die einzelnen Segmente müssen immer mit genau zwei waagrechten Drähten verbunden werden
- Nach Klick auf den Auswahl-Button ("RG", "ZA", "R", "C", ...) drehst und spiegelst Du jedes Bauelement zunächst in die gewünschte Lage, klickst dann auf den Designer und verschiebst das Bauelement bei gedrückt gehaltener linker Maustaste an seine endgültige Position.
- Hast Du alle Bauelemente platziert, stellst Du nach Klick auf den "Verbindung"-Button die Verbindungen zwischen ihnen her.
- Ein nachträgliches Drehen oder Spiegeln eines Bauelements innerhalb der Schaltung ist nicht möglich. Also lösche es und erzeuge es neu in der gewünschten Lage. Das Verschieben von Bauelementen und Verbindungen ist hingegen immer möglich (s.u.).
- Bauelemente und Verbindungen löschst Du durch anklicken (werden rot markiert) und anschließendes Betätigen der *Entf*-Taste. Bei schrägen Verbindungen muss manchmal mehrfach in der Nähe von Anfang oder Ende geklickt werden, bis die Markierung erscheint.
- Verbindungen können auch nacheinander eingegeben werden, der "Verbindung"-Button ist also nur einmal zu klicken!
- Um ein Bauelement, einen Verbindungspunkt oder einen Schaltungsausschnitt zu verschieben, musst Du herum bei gedrückt gehaltener **rechter** Maustaste einen Rahmen, beginnend mit der **linken** oberen Ecke, aufziehen. Dann mit der **linken** Maustaste in den Rahmen klicken um diesen zu verschieben.
- Eine komplette Übersicht der Schaltung liefern die drei "Listen"-Datengitter. Auch hier kannst Du Bauelemente, Parameter und Verbindungen überprüfen und editieren.
- Zeilen in den „Listen“-Datengittern lassen sich nach Markieren der Zeile (Klick auf die linke Spalte) und Betätigen der *Entf*-Taste löschen.
- Die Eingabe elektrischer Parameter bestätigst Du durch Klick auf den "OK"-Button oder mittels ENTER-Taste.
- Ein linker Mausklick auf den Designer liest die Schaltung erneut aus dem Speicher.

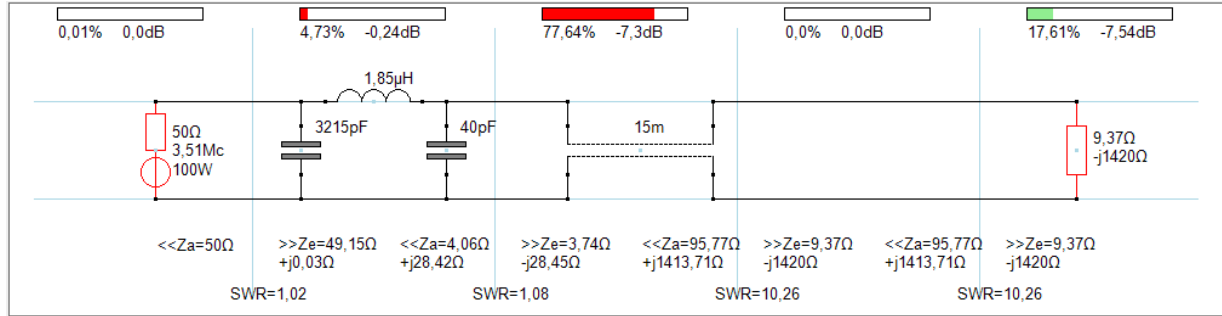
Am besten Du schaust Dir die beigelegten Beispieldateien an, bzw. modifizierst diese, um Dich mit der Bedienung des KNWA vertraut zu machen.

# HamVNAS vs SimSmith

An ihren Früchten werdet ihr sie erkennen (Matthäus Evangelium, Kap.7)

Unter den zahlreichen Reaktionen auf meinen [CQDL-Beitrag](#) möchte ich insbesondere eine sich über Wochen hinziehende zähe Diskussion mit OM Hans, DJ7BA, hervorheben.

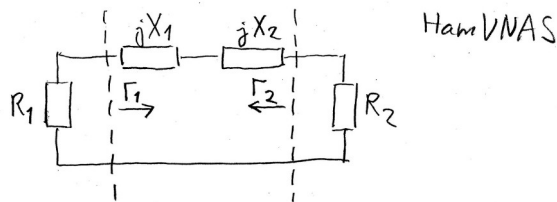
Hans war der Meinung, dass meine Berechnungen zum antennenseitigen SWV falsch seien:



HamVNAS sowie der KNWA basieren auf der klassischer Vierpoltheorie, dabei wird der komplexe Reflexionsfaktor  $\Gamma$  immer gegen einen **reellen** Generatorwiderstand  $R_1$  und einen i.a. komplexen Lastwiderstand  $Z_2 = R_2 + jX_2$  gemessen<sup>6</sup>:

$$\Gamma = (R_1 - Z_2) / (R_1 + Z_2).$$

Ist auch der Generatorwiderstand komplex ( $Z_1 = R_1 + jX_1$ ), so "sieht" der Generator seine eigenes  $X_1$  als additiven Bestandteil von  $X_2$ :



$$\Gamma_1 = \frac{R_1 - (R_2 + j(X_1 + X_2))}{R_1 + R_2 + j(X_1 + X_2)} \quad \Gamma_2 = \frac{R_2 - (R_1 + j(X_1 + X_2))}{R_1 + R_2 + j(X_1 + X_2)}$$

$$a = R_1 - R_2$$

$$b = -(X_1 + X_2)$$

$$c = R_1 + R_2$$

$$d = X_1 + X_2$$

$$\Gamma_1 = \frac{ac + bd}{c^2 + d^2} + j \frac{bc - ad}{c^2 + d^2} \quad \Gamma_2 = \frac{-ac + bd}{c^2 + d^2} + j \frac{bc + ad}{c^2 + d^2}$$

$$|\Gamma_1| = |\Gamma_2| = |\Gamma|$$

$$SWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

Hans benutzt das weltweit verbreitete Antennen-Analyse-Programm *SimSmith*, er hat damit genau obiges Antennensystem modelliert, daraus aber einen antennenseitigen Reflexionsfaktor von **26,9** und daraus ein SWV = **-1,08** ermittelt.

6 Nach genau diesem Prinzip misst Du auch die Eingangsreflexion **S11** z.B. mit Deinem *NanoVNA* (50Ohm-System).

**Man lernt nie aus, dachte ich mir, denn bis dato waren mir nämlich Reflektionsfaktoren größer 1 und negative SWVs völlig unbekannt ;-)**

Neugierig geworden habe ich mich dann näher mit *SimSmith* beschäftigt und bin tatsächlich zu den gleichen absurden Ergebnissen wie Hans gekommen.

Hier die letzte Mail von Hans, die zwar für Erleuchtung sorgen, aber meine Zweifel an der Praxistauglichkeit von *SimSmith* nicht ausräumen konnte.

Möge sich aber jeder selbst sein Urteil bilden:

Lieber Walter,

bitte entschuldige, dass ich doch noch einmal schreibe, aber ich denke, das ist Dir ausnahmsweise diesmal recht:

**Ich habe mir im *SimSmith* Forum beim Eintreten für Dich und Deine SWR-Formel viel Ablehnung, mindestens aber den Unwillen vieler OMs weltweit zugezogen, die *SimSmith* länger und besser kennen als ich.**

Aber: Problem gelöst!

Die Mathematik – um Dich zu zitieren – lügt ja nicht. Weder steht *SimSmith* auf wackeligen Füßen, noch *HamVNAS*. Wir haben nur deshalb aneinander vorbei gesprochen, weil:

1. *HamVNAS* ausschließlich reale Systemimpedanzen zulässt als Eingabe - was sicherlich nicht schlecht ist:  
Es kann manches Kopfschütteln vermeiden.

2. *SimSmith* allgemeingültig angelegt ist und, anders als *HamVNAS*, auch **komplexe Systemwiderstände** zulässt.

3. Diese Allgemeingültigkeit zu (herkömmlich) unerwarteten Resultaten führt. Dazu gehört, dass man die (für reale Systemwiderstände gewohnte) Denkweise aufgeben muss, dass sich alles nur innerhalb des (auf die ja rein reale Zahl 1 normierten Smith-Diagramm-) Außenkreises abspielen müsse, dass der Betrag von Gamma zwischen 0 ... 1 liegen muss und dass es negative SWR nicht geben kann. Das trifft aber nur zu, solange man es nicht mit komplexen Systemwiderständen zu tun haben will.

4. In Deiner SWR-Herleitung zeigen die Pfeile von Gamma 1 und Gamma2 exakt auf den Punkt zwischen  $jX1$  und  $jX2$ . Dort aber stehen sich komplexe Impedanzen gegenüber.

5. Deine durchaus (für „reale“ Denkweise) gültige Formel dagegen entspricht nicht diesen Pfeilen, sondern berechnet das SWR aus den realen Impedanzen an den Eckpunkten.

6. Die allgemeingültigen „SWR“ und „Gamma“ mag wirklich lästig erscheinen. **Jedenfalls kann ich aus denen nichts Brauchbares entnehmen.** Trotzdem müssen sie (streng mathematisch) m.E. zutreffen.

Ich habe nun Deine Doppel-Zepp (allerdings mit bei John, KN5L vorhandenen CQ-553 Daten und dessen *SimSmith* Modell für „simplified“ Kabel in *SimSmith* verwendet.

Außerdem hat er (mit EZNEC) statt  $9,37 - j 1420$  Ohm gefunden:  $9,73 - j1450$ . Beides ist fast egal, außer, dass damit nicht  $SWR = 10,26$  heraus kommt, sondern  $SWR = 18,12$ .

Dabei habe ich nun nicht mehr den Speisepunkt (der ja komplexe Impedanzen nach beiden Seiten hat) als Bezug genommen, sondern, Deiner Herleitung entsprechend, nur den Realteil  $9,73$  Ohm, wie für die energetische Betrachtung nötig. Für dort kommt richtig entsprechend Deiner Herleitung  $SWR = 18,12$  heraus.

Das SWR an der tatsächlichen Einspeisestelle dagegen hat streng mathematisch, eine vierstellige, wenig anschauliche Zahl.

Somit – solange man Gleiches mit Gleichem vergleicht – sind sich beide Programme einig.

Es lässt sich darüber nachdenken, ob denn nur reale oder auch komplexe Systemwiderstände die Grundlage bilden sollten.

Wenn man mit komplexen Kabel-Wellenwiderständen und komplexen Antennen-Einspeisepunkt Impedanzen umgehen will, ist die (bisweilen stark irritierende) Allgemeingültigkeit nicht ausschließlich nur schlecht. Man sollte sich aber nicht verwirren lassen.

Für alle Deine Mühe bedanke ich mich ausdrücklich sehr herzlich.

Du hast mich damit sehr viel weiter gebracht.

73, Hans