

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 Diskussion mit OM Hans, DJ7BA, hervorheben.

Hans ist glühender Verehrer des weltweit verbreiteten Antennen-Analyse-Programms *SimSmith* und war der Meinung, dass meine Berechnungen zum antennenseitigen SWV falsch seien, denn sein *SimSmith* kam auf völlig andere Werte.

Ich habe mir *SimSmith* näher angeschaut und festgestellt, dass es den Reflexionsfaktor zwischen einem Generator mit dem komplexen Innenwiderstand

$$\mathbf{Z1} = R1 + jX1$$

und dem komplexen Lastwiderstand

$$\mathbf{Z2} = R2 + jX2$$

nach der Formel

$$\mathbf{\Gamma1} = (\mathbf{Z1} - \mathbf{Z2}) / (\mathbf{Z1} + \mathbf{Z2})$$

berechnet.

In umgekehrter Richtung ergibt sich der ausgangsseitige Reflexionsfaktor zu

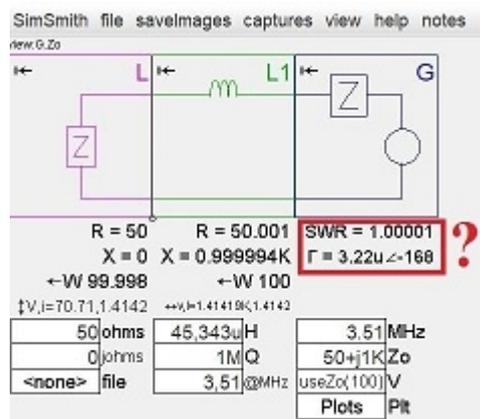
$$\mathbf{\Gamma2} = (\mathbf{Z2} - \mathbf{Z1}) / (\mathbf{Z1} + \mathbf{Z2})$$

Dass diese Formeln totale Verwirrung stiften können, kann man mit einem einfachen Beispiel beweisen:

$$R1 = R2 = 50\text{Ohm} \text{ und } X1 = X2 = j1000\text{Ohm}$$

Sowohl Generator- als auch Lastimpedanz sind also gleichgroß und haben induktiven Charakter.

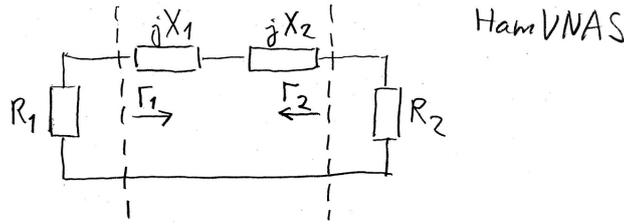
Der gesunde Ingenieurverstand sagt, dass es sich hier um eine totale Fehlanpassung handelt, richtig wäre eine konjugiert komplexe Anpassung ($X1 = j1000\text{Ohm}$ und $X2 = -j1000\text{Ohm}$ oder umgekehrt). *SimSmith* hingegen kommt zum absurden Ergebnis, dass dies eine ideale Anpassung sei (SWR = 1):



Dass *SimSmith*, zumindest bei der SWR-Berechnung, zu völlig falschen Ergebnissen führt lässt sich mit der klassischen Vierpoltheorie beweisen, wie sie auch in *HamVNAS* bzw. dem *AMA-Tool* implementiert ist:

Der Reflexionsfaktor $\mathbf{\Gamma}$ wird immer gegen einen **reellen** Generatorwiderstand $R1$ und einen i.a. komplexen Lastwiderstand $\mathbf{Z2} = R2 + jX2$ gemessen:

$$\mathbf{\Gamma} = (R1 - \mathbf{Z2}) / (R1 + \mathbf{Z2}).$$



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

$$\begin{aligned} a &= R_1 - R_2 \\ b &= -(X_1 + X_2) \\ c &= R_1 + R_2 \\ d &= X_1 + X_2 \end{aligned}$$

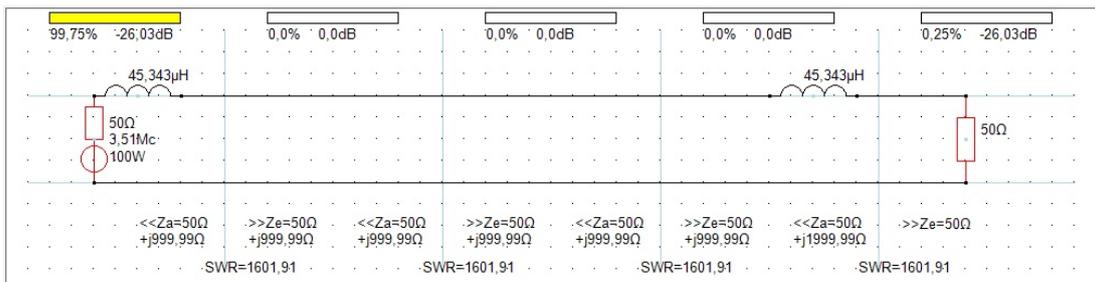
$$\Gamma_1 = \frac{ac + bd}{c^2 + d^2} + j \frac{bc - ad}{c^2 + d^2} \quad \Gamma_2 = \frac{-ac + bd}{c^2 + d^2} + j \frac{bc + ad}{c^2 + d^2}$$

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

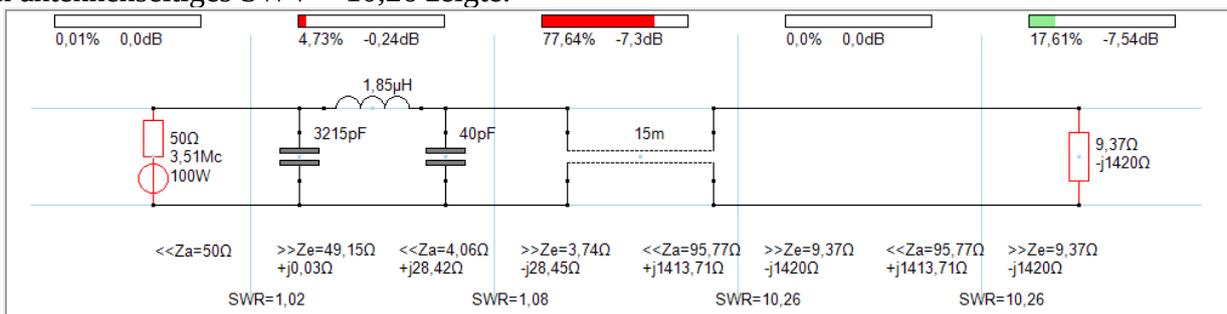
$$SWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

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 :

Unter Anwendung der richtigen Formeln herrscht für unser Beispiel an jeder Stelle der Schaltung das $SWR = 1602$, wir haben es also - wie könnte es auch anders sein - mit einer totalen Fehlanpassung zu tun:



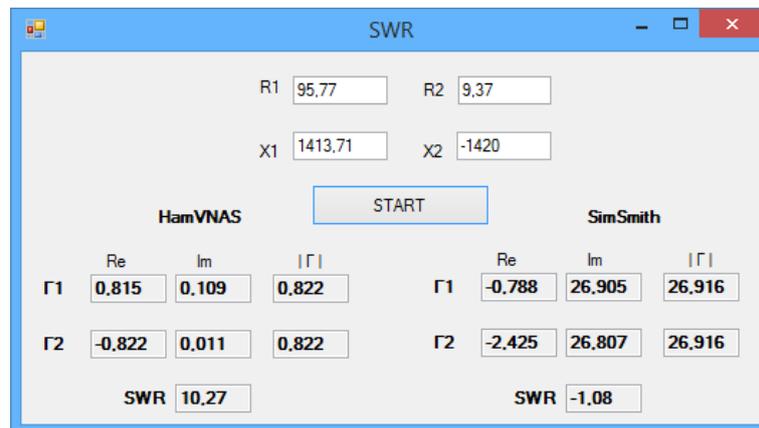
Hans ließ sich damit aber nicht von seiner tiefen *SimSmith*-Gläubigkeit abbringen und bestand auf einem weiteren Beispiel. Und so konzentrierten wir uns im Verlauf des weiteren Meinungs-austausches auf Bild 4 auf S.29 des CQDL-Beitrags (Verlustanalyse einer kurzen Doppelzepp), das ein antennenseitiges $SWV = 10,26$ zeigte:



Hans hat genau dieses Antennensystem mit *SimSmith* modelliert und gelangte zu erstaunlichen Ergebnissen, zu einem Absolutbetrag des antennenseitigen Reflexionsfaktors von 26,9 ??? und einem SWV = -1,08 ???

Völliger Unsinn, denn bis dato waren mir Reflexionsfaktoren größer 1 und negative SWVs unbekannt.

Um Hans doch noch zu einer kritischeren Einstellung gegenüber *SimSmith* zu bewegen, habe ich als letztes Mittel extra für ihn ein Programmchen geschrieben, das beide Berechnungsmethoden gegenüberstellt:



Hans ließ sich aber trotz der nachweislich absurden *SimSmith*-Ergebnisse nicht bekehren und ich habe dann resigniert den Kontakt abgebrochen.

Nach längerer Pause kam dann aber doch noch ein "Friedensangebot", über das sich bitte jeder selbst seine Meinung bilden sollte:

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“ 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

Max und Moritz, diese beiden ...

Wie vehement sich einige gestandene OMs gegen den Einsatz von Simulations-Software sträuben, möchte ich an einer Korrespondenz verdeutlichen, die mein Freund Urs (HB9MPN), ein begeisterter Nutzer meiner Programmsammlung, mit zwei Funkamateuren führte (ich nenne sie aus Datenschutzgründen, frei nach Wilhelm Busch, einfach mal Max und Moritz) und die er mir zur Beurteilung zusandte.

Frage von Max:

Hoi urs, wie kommst du beim sg-230 antenna tuner auf max. 10-15% verlust? Hast du mir dazu einen literatur-link? Habe nichts gefunden, dass die der tuner dermassen effektiv ist.

Danke und vy 73

Antwort von Urs:

Hallo Daniel. Die Berechnungen werden mit den Tool von DL1JWD Walter ausgeführt. Walter hat in der Info pro Tool wichtige Erläuterungen mit Beispielen geschrieben. Alle Tool, bis auf das HamVNAS sind gratis ab seiner Homepage zu laden. Link ist: <http://dl1jwd.darc.de/> 2 Muster von 15 Tools Da kann berechnet werden wo die Leistung verbraucht wird. Wenn die Antenne weg ist, kann der SG-230 und auch alle anderen, ein SWR von 1:1 haben, aber die ganze Leistung wird im Tuner verbraucht. Bei schlechten Antennen ist zu Beispiel die Leistung an der Antenne noch 10 Watt und in der Zuleitung und Toner 90 Watt. Der OM merkt das nicht, da ja das SWR 1:1 ist und QSO macht Dora mit dem KX2 bis nach Strausberg bei Berlin mit einer Leistung von 10 Watt. Ich kenne OM, die so schon ihren Toner in die ewigen Jagtgründe verabschiedet haben. Ich empfehle allen OM, mal ihre eigene Antennen Anlage zu kontrollieren. Man lernt einiges über unsere Antenne, wenn man mit den Tools von Walter arbeitet. Ein neues Programm mit Beschreibung über den Christiankoppler hat Walter unter der Nummer 15 auf der Homepage. 73 HB9MPN, Urs

Moritz mischt sich ein:

Da man die Güte der Komponenten im Tuner nicht kennt, gibt es nur eine Methode um deren Wirkungsgrad zu ermitteln. Man misst mit HF-tauglichen Instrumenten Strom und Spannung am Eingang/Ausgang des Tuners. Daraus lässt sich einfach der Gesamtverlust errechnen.

Antwort Urs:

Ja lieber Moritz, das lernten wir schon in der Gewerbeschule. Bei unseren Frequenzen must aber hochwertige teure Messgeräte haben. Heute können wir aber günstige und gute Vector Antennen Analysator kaufen, die gerade das messen können. Die beste Messung ist am Antennenfuss, der aber nicht immer erreichbar ist, darum wurden die Tools von Walter entwickelt. Da ja der durchschnitts OM, so wie ich, die Berechnung mit komplexen Zahlen nicht im Griff haben, Wurden diese Tools uns gratis zur Verfügung gestellt. Das Bild zeigt die Erklärung der komplexen Zalen von Walter, das ich auch anlässlich meines Vortrag in Zug zeigte.

73 Urs HB9MPN

Antwort von Max, der ETH Ingenieur ist:

Lieber Moritz und Urs, hier gebe ich Moritz definitiv Recht. Um den Wirkungsgrad und die Güte der Komponenten zu bestimmen musst du vor und hinter dem Tuner messen. Mit dem Vektor Analysator misst du ja wie gut oder schlecht dein swr ist. Wen du ein swr von 10:1 anpassen willst dann hast du schon nur einen Verlust im Tuner von ca. 10% je nach Leistung.

Aber bei einem swr von 50:1 erreichst du nie einen Wirkungsgrad von 85 bis 90%. Da eher bei 60% und das mit den ganz teuren Tunern. Bzgl Messung am antenneneinspeisepkt gibt es den mini vna bluetooth. Mit dem kannst du die Impedanz immer bestimmen auch in grosser Höhe. Wie der Name schon sagt machen Simulatoren nichts anderes als simulieren hih. Die Realität wird nicht abgedeckt da zu komplex mit all den Faktoren.

Vy 73 und life is too

Die Meinung von Moritz:

Oder auf Deutsch...auf die Dauer hilft nur Power, mit Ausnahme von SOTA, hi

Hier musste ich meinem Freund Urs natürlich zur Seite springen, er hat sauber argumentiert und ist absolut im Recht, trotzdem hatte er gegen die geballte Übermacht von Max & Moritz keine Chance.

Dabei kann man über das meiste, was Max und Moritz da zum besten gegeben haben, nur den Kopf schütteln.

Moritz ist offensichtlich glücklicher Besitzer von hochwertiger Rhode & Schwarz-Messtechnik und hat mindestens ebensoviel Zeit wie Erfahrungen, um solch i.d.R. schwierige HF-technischen Messungen durchzuführen. Das befähigt ihn zur Verkündung der "absoluten Wahrheit":

Da man die Güte der Komponenten im Tuner nicht kennt, gibt es nur eine Methode um deren Wirkungsgrad zu ermitteln. Man misst mit HF-tauglichen Instrumenten Strom und Spannung am Eingang/Ausgang des Tuners. Daraus lässt sich einfach der Gesamtverlust errechnen.

Hier sträuben sich mir die Nackenhaare, aber na gut, wer nicht rechnen will oder kann, der muss halt messen, und sei es auf Teufel komm raus...

Auch Max wollte da nicht zurückstehen und versetzte mich mit seiner letzten Antwort in Erstaunen: ... Aber bei einem swr von 50:1 erreichst du nie einen Wirkungsgrad von 85 bis 90%. Da eher bei 60% und das mit den ganz teuren Tunern...

Lieber OM Max, woher weißt Du das denn so genau? Das hat nur zweitrangig was mit teuren oder billigen Tunern zu tun, sondern hängt hauptsächlich von den SWV-bedingten Zusatzverlusten im Speisekabel ab!

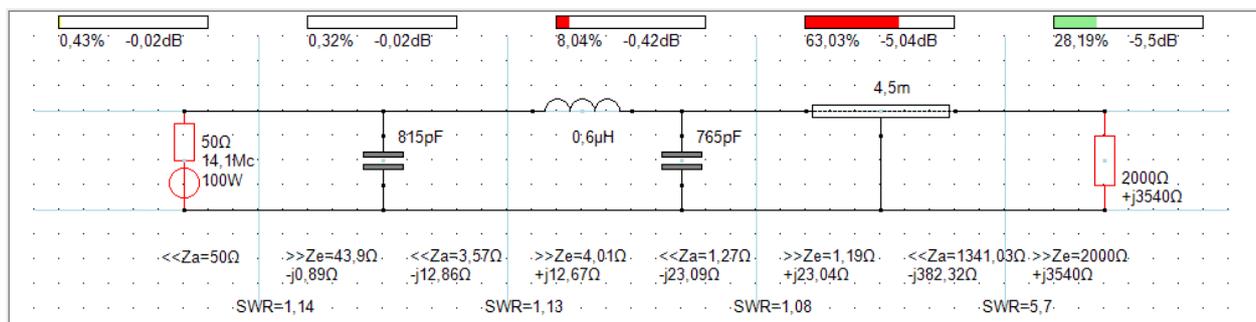
Ich will Dir das gern an folgendem Beispiel erklären:

Ein 2x20m-Dipol soll mit 4,5m RG213 von einem SG 230 auf 14,1MHz angepasst werden.

Der Dipol hat bei dieser Frequenz etwa eine Fußpunktimpedanz $Z_a(\text{Ohm}) = 2000 + j3540$, das kannst Du sicher auch mit EZNEC berechnen oder mit VNA und Bluetooth direkt messen, wobei ich sehr gespannt bin, wie genau Du die hochohmige Messungen im HF-Bereich hinkriegst.

Wenn Du stattdessen mit dem VNA direkt am Eingang der Speiseleitung misst, so kommst Du auf etwa $Z_e(\text{Ohm}) = 1,2 + j23$ (auch diese niederohmige Messung ist mit Amateurmitteln nicht einfach!)

Ohne Tuner beträgt das das SWR ca. 50:1, das kannst Du, lieber OM Max, sicher selbst nachrechnen. Wenn Du mit dem SG-230 abgleichst, erreichst Du ca. SWR = 1,1 und einen Wirkungsgrad von 28%. Die meiste Leistung (63%) geht im Speisekabel verloren, im Tuner aber nur 8%.



Liebe OMs, ihr beide seid sicher exzellente Praktiker, aber glaubt mir, ohne Simulation wären wir noch in der HF-Steinzeit. Die Entwicklung von Schaltkreisen ist z.B. ohne rechnergestützten Entwurf undenkbar, hier müssen Simulation und Messung Hand in Hand gehen.

Ok, nicht jeder verfügt über den erforderlichen theoretischen Background, aber ein wenig mehr Nachdenken und auch Respekt vor denjenigen OMs, die es vielleicht besser wissen, wäre schon angebracht.