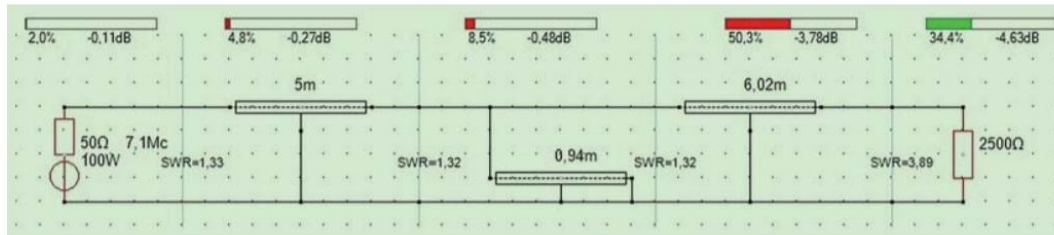


Unerwarteten Verlusten auf der Spur

SWR gut – alles gut?

Walter Doberenz, DL1JWD

Es gibt nichts, was den kreativen Antennenbauer mehr erfreuen könnte als ein perfektes Stehwellenverhältnis; die meisten Funkamateure wännen sich damit am Ziel ihrer Träume. Doch das SWR ist ein trügerischer Freund ...



Zur Person

Dr.-Ing. habil. Walter Doberenz, DL1JWD
 Jahrgang 1944,
 Funkamateure seit 1962
 Professor für Elektrotechnik
 Hobbys: Schach, Programmieren

Anschrift:
 Buchenring 19
 04610 Wintersdorf
 www.dl1jwd.darc.de

Groß ist die Enttäuschung, wenn trotz SWR = 1 die Antenne weit unter den Erwartungen bleibt. Wie drei Beispiele aus der Alltagspraxis zeigen, kann man sich aber mit einer rechnergestützten Simulation einiges an Arbeit und Enttäuschungen ersparen.

Beispiel 1: Endgespeiste $\lambda/2$ -Koaxantenne

Auf der Suche nach einer leichten Monobandantenne für den 40-m-Portabelbetrieb stieß ich auf diesen populären Halbwellenstrahler, bei dem die Anpassung des Senderausgangs an die hochohmige Eingangsimpedanz des Dipols über eine Transformations- und Stichleitung erfolgt [1]. Insbesondere reizte mich der Gedanke, dass man eine solche Antenne z.B. komplett aus RG-58-Kabel herstellen kann (**Bild 1**). Von Natur aus misstrauisch, habe ich vor dem Zusammenbau der Antenne zunächst die Impedanztransformation mit dem Programm HamVNAS simuliert (Aufmacherbild).

Als Eingangsimpedanz des resonanten Halbwellenstrahlers (ca. 21,1 m) wurden typische 2,5 k Ω angesetzt.

Die Längen für die Transformationsleitung (6,02 m) und den am Ende kurzgeschlossenen Stub (0,94 m) ergeben sich gemäß Bild 1 bzw. [2]. Wie man sieht, ist das senderseitige SWR (1,33) durchaus akzeptabel (nur 2 % Verlust).

Für Ernüchterung sorgt hingegen der Wirkungsgrad des Antennensystems, denn nur 34 % der maximal verfügbaren Sendeleistung erreichen die Antenne, mehr als die Hälfte gehen in der Transformationsleitung (50,3 %) und in der Stichleitung (8,5 %) verloren (eine 100-W-PA „heizt“ also beide Kabelstücke mit knapp 60 W)! Ursache dieses Phänomens sind die hohen SWR-bedingten Zusatzverluste, wie sie auch in relativ kurzen Leitungen auftreten können, wenn diese stark transformieren müssen.

Die Länge der zur PA führenden Speiseleitung ist unkritisch, sie ist beidseitig angepasst, also nahezu stehwellenfrei, sodass sich die Verluste nur auf die Grunddämpfung des RG-58 (4 dB/100 m bei 7 MHz) reduzieren und bei 5 m Länge mit lediglich 4,8 % ins Gewicht fallen.

Fazit 1

Wer verschenkt, insbesondere im Portabelbetrieb, schon gern mehr als die Hälfte der Sendeleistung? Glücklicherweise können sich jene Funkamateure schätzen, die gemäß der Devise „Was ich nicht weiß, macht mich nicht heiß“ mit einer solchen Antenne trotzdem unbeschwert QSOs fahren, zumal die Einbußen im praktischen Funkbetrieb nur ca. eine halbe bis eine S-Stufe betragen dürften.

Wer sich aber am geringen Wirkungsgrad stört, der sollte lieber ein abgleichbares LC-Glied (ca. 7,8 μ H, 63 pF) in eine wetterfeste Dose einbauen. Bei dieser klassischen Lösung kann, neben der durchaus erwünschten Vorselektion, ein Wirkungsgrad von über 90 % erwartet werden (**Bild 2**)!

Nachtrag: Für den in [2] als Alternative vorgeschlagenen 1:50-UNUN liefert die Simulation (abhängig von der Wicklungsinduktivität und Kernverlusten) ca. 85 % Wirkungsgrad. Allerdings dürfte die Breitbandigkeit des UNUN bei einer Monobandantenne nicht unbedingt ein Vorteil sein.

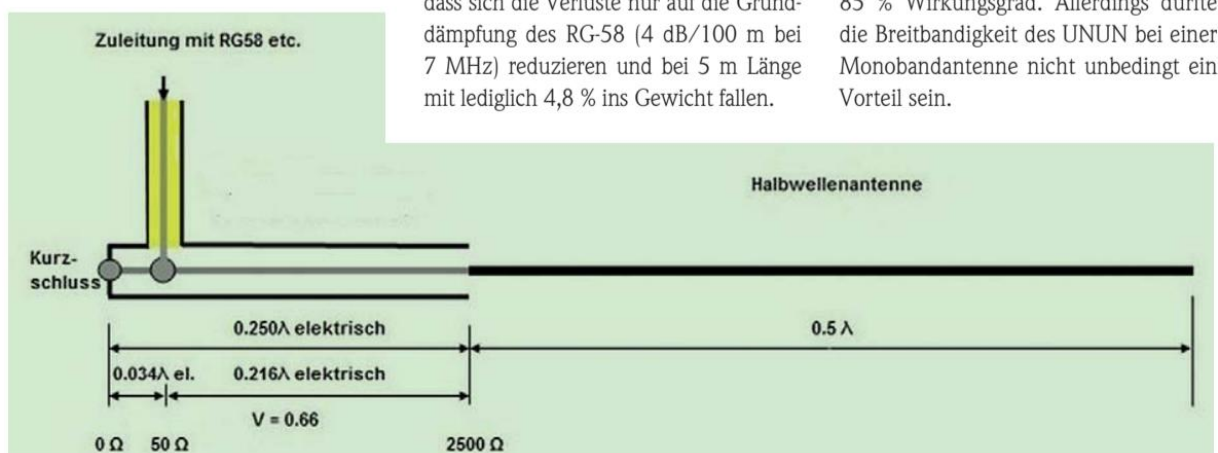


Bild 1: Impedanztransformation mittels $\lambda/4$ -Koaxkabel nach [2]

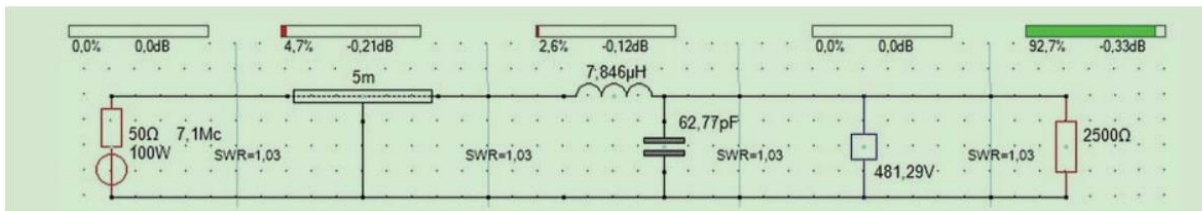


Bild 2: Impedanztransformation mittels LC-Glied ($Q_c = 1000$; $Q_l = 250$) ist die deutlich verlustärmere Lösung im Vergleich zur Koaxantenne

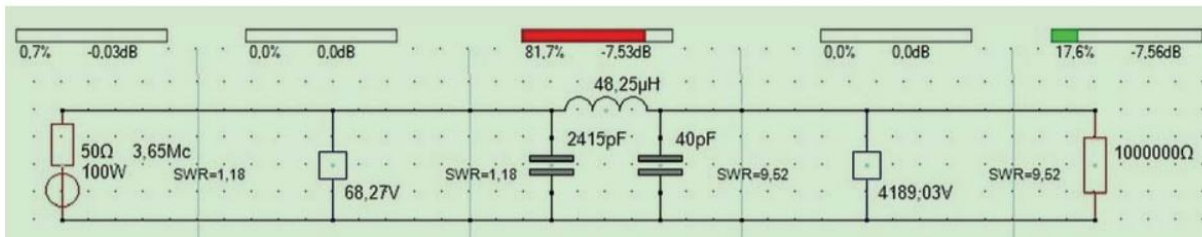


Bild 3: „Kamikaze“-Situation mit SG-230, der 100-W-PA bei 3,65 MHz mit einem SWR = 1,18 an den offenen Antennenanfang „anpasste“. Das nicht angeschlossene Antennenkabel wird hier durch einen extrem hochohmigen Lastwiderstand nachgebildet

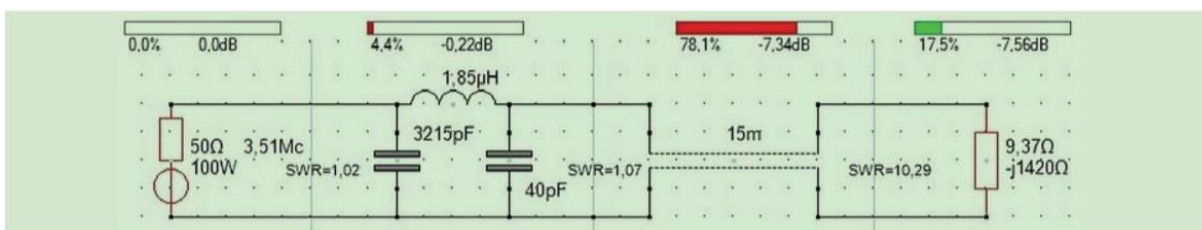


Bild 4: Verlustanalyse der kurzen Doppel-Zepp. Die Balken am oberen Rand zeigen von links nach rechts die Verluste durch senderseitige Fehlanpassung (0 %), im Antennenkoppler (4,4 %) und im CQ553-Bandkabel (78,1 %). Der grüne Balken bezieht sich auf die Transmission bzw. den Wirkungsgrad (17,5 %)

Beispiel 2: Kamikaze eines Automatikkopplers

Aufgrund seiner π -Struktur und den damit verbundenen über 500 000 Einstellmöglichkeiten genießt der bekannte Automatikkoppler SG-230 den Ruf, vom Maschendrahtzaun bis zum verrosteten Fahrrad so gut wie alles anpassen zu können.

Diese beeindruckenden Fähigkeiten werden aber mit einem hohen Risiko erkaufte, wie folgendes Schockerlebnis eines befreundeten OMs beweist: Er hatte schlicht vergessen, das Antennenkabel anzuschließen, sodass dem Koppler nichts anderes übrig blieb, als sich an „sich selbst“ anzupassen, was auf tragische Weise als Kamikaze endete.

Dem ahnungslosen OM wurde ein nahezu perfektes SWR vorgegaukelt. Als Rauchzeichen aus dem Koppler quollen und er in höchster Not den Netzstecker zog, war es leider schon zu spät (**Bild 3**). Den Koppler erhitzen mehr als 80 W, an der Antennenbuchse lagen ca. 4,2 kV!

Fazit 2

Besonders beim Einsatz von echten π -Automatikkopplern mit extremen Lastimpedanzen besteht die Gefahr der Selbstzerstörung des Kopplers (entweder

durch Überhitzung der Spulen oder durch Überspannung an den Kondensatoren)!

Im Unterschied zu „echten“ haben „unechte“ π -Glieder nur ein abstimmbares C, welches je nach Bedarf vorn oder hinten angeschlossen ist. In der Regel sind sie weit weniger anfällig gegen Selbstzerstörung, da sie eindeutig abgleichbar sind (z.B. LDG11MP).

Beispiel 3: Kurze Doppel-Zepp

Trotz beschränkter Platzverhältnisse träumte ich einst vom Multibandbetrieb mit einer Doppel-Zepp, die auch auf 80 m mehr als nur eine Notlösung sein sollte. Da eine echte Hühnerleiter nicht infrage kam, sollte die Speisung des 2x9-m-Dipols mit dem optisch weniger auffälligen Wireman-Bandkabel CQ553 erfolgen. Der als Freeware verfügbare Doppel-Zepp-Rechner [3] bestätigte mir, dass ich mit einem (symmetrischen) Antennenkoppler alle Bänder problemlos auf ein SWR <1,2 abgleichen könnte. Allerdings war nur auf dem 40-m-Band und höher auch ein akzeptabler Wirkungsgrad (>80 %) möglich; für den 80-m-Betrieb erwies sich der Dipol leider als viel zu kurz und der Wirkungsgrad würde trotz perfektem SWR nur klägliche 17,2 % erreichen.

Die Simulation (**Bild 4**) sorgte allerdings für eine weitere Überraschung: Mit den restlichen 82,8 % würde diesmal nicht der Antennenkoppler geheizt, sondern der Feeder, obwohl dessen Grunddämpfung bei 3,5 MHz und 15 m Länge nur ca. 0,1 dB beträgt [4].

Die extreme Fehlanpassung des Feeders an die Fußpunktimpedanz des Dipols (antennenseitiges SWR ≈ 10) bewirkt heftige Zusatzverluste im Kabel entsprechend einer Dämpfung von ca. 7,34 dB (Bild 4).

Fazit 3

Nicht immer geht die Leistung im Antennentuner verloren, wenn bei idealem senderseitigem SWR unerwartet große Verluste entstehen. Auch hochwertige Speiseleitungen können aufgrund hoher SWR-bedingter Zusatzverluste unerwartet viel Sendeenergie vernichten! **CQDL**

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Hans Eckhard, DJ8EI/PA8EI, Helmut Jahn, DL5PC: „Endgespeiste $\lambda/2$ -Koaxantenne“, CQ DL 6/14
- [2] Ruedi Moser, HB9LCD: „Endgespeiste Halbwellenantennen mit Koaxialkabel-Stub (Monoband)“, <http://mosers-on-tour.net/hb9lcd/antennen/halbwellen-antenne>
- [3] Walter Doberenz, DL1JWD: „Optimierung zweidrahtgespeister Dipolantennen per Software“ (mit Testversion HamVNAS), FUNKAMATEUR 7/17
- [4] Uwe Neibig, DL4AAE: „Dämpfung und Verkürzungsfaktor von Zweidrahtleitungen“, FUNKAMATEUR 11/16