

Antennen für KW

Mythos Resonante Antenne

**Mitteilungen aus dem Institut
für Umwelttechnik
Nonnweiler-Saar
Dr. Schau
DL3LH**

Vorwort:

Der Amateur hat viele Fragen zu dem komplexen Thema Antennen. Die meisten bleiben unbeantwortet oder die Antworten unterliegen der Spekulation. Aus Überlieferung wird meist eine resonante Antenne gewählt doch, warum muss die Antenne eigentlich in Resonanz sein? Eines ist sicher, die resonante Antenne hat per Definition einen realen Antennenwiderstand, bestehend aus

Strahlungswiderstand und Verlustwiderstand. Außerhalb der Resonanz ist der Blindanteil entweder induktiv oder kapazitiv. Egal ob Resonanz, induktiv oder kapazitiv, die wichtigste Frage ist: Welche Leistung wird von meiner Antenne abgestrahlt, wenn eine bestimmte Leistung seitens des Senders zur Verfügung steht? Gehen wir dieser Frage nach.

1. Der resonante $\lambda/2$ -Dipol

Wird eine resonante $\lambda/2$ Antenne oberhalb oder unterhalb der natürlichen Resonanzfrequenz betrieben, ist die Eingangsimpedanz entweder kapazitiv oder induktiv mit einem niederohmigen Realteil. Was ändert sich alles bei Änderung der Frequenz? Wir berechnen einen resonanten 80 m Dipol über realem Grund mit einer Höhe $H = 10$ m.

Frequenz MHz	Impedanz Ω	Gewinn dBi	Strahlungswinkel Grad	Polarisation	Bemerkung
3.5	$29 - j 53$	8.10	90	H	unterhalb
3.6	$33 + j 0$	8.14	90	H	Resonanz
3.7	$37 + j 50$	8.18	90	H	oberhalb
3.8	$42 + j 102$	8.21	90	H	oberhalb

Tab. 1 Impedanzen eines ($\lambda/2$) 80 m-Band-Dipols über realem Grund und der Höhe $H = 10$ m, Drahtdurchmesser ist $d = 1.6$ mm, Skin-Effekt berücksichtigt.

Da der Dipol nur ein Element des Antennensystems bestehend aus Antenne, Zuleitung und Anpassschaltung ist, müssen wir daher das gesamte System betrachten um eine Aussage über die Gesamtverluste zu bekommen.

Dazu berechnen wir die Gesamtverluste eines Antennensystems mit einer Antennenzuleitung der Länge $L = 20$ m aber verschiedenen Wellenwiderständen, inklusive einer LC-Anpassschaltung mit Transformation auf 50Ω . Die Güte der Spule in der Anpassschaltung sei $Q_L = 50$ und die Güte der Kapazität $Q_C = 500$.

Frequenz MHz	RG 213 Kabel – 50Ω dB	300Ω Leitung dB	450Ω Leitung dB	600Ω Leitung dB
3.5	0.74	1.31	1.36	1.61
3.6	0.65	1.04	1.21	1.54
3.7	0.45	0.86	1.08	1.40
3.8	0.84	0.72	0.95	1.26

Tab. 2 Gesamtverluste eines im 80 m Band resonanten Dipols mit Zuleitungen verschiedener Wellenwiderstände

Wie Tab. 2 entnommen werden kann ist bei Serienresonanz der Antenne das 50Ω Koaxkabel im Vorteil. Der Grund ist das geringe VSWR am Fußpunkt der Antenne, verbunden mit geringen Verlusten auf der Zuleitung. Bestimmend für die Verluste auf der Zuleitung ist immer das Stehwellenverhältnis am Fußpunkt der Antenne.

2. Der Dipol verschiedener Länge

Zum Vergleich zu Tab. 1 berechnen wir einen Dipol bei fester Frequenz $f = 3.6 \text{ MHz}$ und verändern die Länge der Antenne (Randbedingungen wie unter Tab. 1).

Länge Antenne	Impedanz Ω	Gewinn dBi	Strahlungswinkel Grad	Polarisation	Bemerkung
2 x 10 m	$6.9 - j 1058$	6.98	90	H	
2 x 15 m	$15.8 - j 462$	7.65	90	H	
2 x 20 m	$33 + j 0$	8.14	90	H	Resonanz
2 x 27 m	$99 + j 749$	8.74	90	H	
2 x 30 m	$180 + j 1262$	8.99	89	H	
2 x 40 m	$9445 - j 8423$	9.93	87	H	

Tab. 3 Impedanzen eines Dipols verschiedener Länge in 10 m Höhe über realem Grund

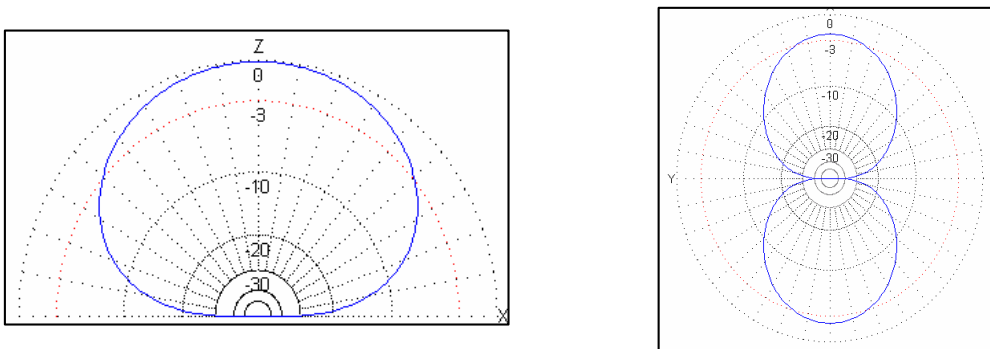


Bild 1: Richtdiagramme für einen Dipol 2 x 27 m über realem Grund in 10 m Höhe, Elevationswinkel $\theta = 90 \text{ Grad}$

Die Gesamtverluste in dB mit einer Zuleitungslänge von $L = 20 \text{ m}$ sind

Länge Antenne	RG 213 Kabel 50 Ω dB	300 Ω Leitung dB	450 Ω Leitung dB	600 Ω Leitung dB	Bemerkung
2 x 10 m	20.87	11.78	6.95	6.35	
2 x 15 m	10.60	4.64	2.82	2.97	
2 x 20 m	0.65	1.05	1.21	1.55	Resonanz
2 x 27 m	7.09	1.14	1.41	0.74	
2 x 30 m	8.75	1.50	0.95	1.07	
2 x 40 m	11.28	3.22	0.77	0.49	

Tab. 4 Gesamtverluste eines Dipols verschiedener Länge und unterschiedlichen Wellenwiderständen der Zuleitung bei der festen Frequenz $f = 3.6 \text{ MHz}$

Wie aus Tab. 4 ersichtlich, ist Koaxkabel als Zuleitung - egal welcher Art - nur bei der Serienresonanz der Antenne im Vorteil. Wird ein Dipol über die erste Resonanzwellenlänge $\lambda/2$ vergrößert, hat die Zuleitung mit 450 oder 600 Ω die geringeren Gesamtverluste. Aus Tab. 3 und Tab. 4 wird auch ersichtlich, dass die nicht resonante Antenne mit 2 x 40 m den höheren Gewinn und das Antennensystem die geringsten Gesamtverluste hat, wenn als Zuleitung eine symmetrische Leitung verwendet wird/1/. Gleiches gilt auch für die Erregung einer Antenne in Oberschwingungen $/10/$. Grundsätzlich haben Antennen mit einem hohen Strahlungswiderstand immer die geringeren Verluste, weil der Verlustwiderstand im Verhältnis zum Strahlungswiderstand den Wirkungsgrad der Antenne bestimmt.

Das bedeutet:

Eine Antenne kann, muss aber nicht in Resonanz betrieben werden. Sie kann länger sein als die erste Resonanzlänge, nur nicht kürzer. Die Verlängerung hat natürlich Grenzen /2/. Ein 2 x 27 m langer Dipol ist bspw. besser als der resonante Dipol, wenn eine Zweidrahtleitung verwendet wird. Die Anpassung am Fußpunkt der Antenne ist automatisch gegeben, wenn am Eingang der Zuleitung **Leistungsanpassung** herrscht, was in aller Regel durch das Anpassnetzwerk gewährleistet ist /9/.

Beispiel: 2.1

Nach Tab 4 hat eine Antennenanlage mit einem 2 x 27 m Dipol einen Gesamtverlust von $T_L = 0.74$ dB. Der Sender habe eine verfügbare Leistung von $P_v = 500$ W. Welche Leistung steht am Fußpunkt der Antenne an? Mit $T_L = 0.74$ dB berechnet sich der lineare Faktor zu $a = 10^{0.074} = 1.1857$. Damit ist die Leistung an der Antenne $P_{ant} = 500 \text{ W} / 1.1857 = 421.67 \text{ W}$. Der Antennenwirkungsgrad vermindert diese Leistung, der Antennengewinn vergrößert diese. Nach Tab. 3 ist der Antennengewinn $G = 8.74$ dB. Rechnen wir mit einem Antennenwirkungsgrad von $\eta = 90 \%$, so ergibt sich eine Strahlungsleistung $EIRP = 2.84 \text{ KW}$ und in 10 m Abstand eine elektrische Feldstärke von $E_{eff} = 50.55 \text{ (V/m)}$ /9/ - also nicht wenig.

Fazit:

Eine Antenne kann, braucht aber nicht in Resonanz betrieben werden. Sie kann länger als die erste Resonanzwellenlänge sein, nur nicht kürzer. Eine Verkürzung ohne zusätzliche Maßnahmen wie Endkapazitäten, Verlängerungsspulen etc. bringt immer hohe Gesamtverluste im Systems /2, 8/.

Ist eine Speisung der Antenne nur mit einer koaxialen Zuleitung möglich, kann die Antenne nur in einer der Serienresonanzen betrieben werden. Der niederohmige Fußpunktwidestand führt zu einem kleinen VSWR und damit zu geringen Verlusten auf der Zuleitung. Bei einem kleinen VSWR ist auch die Abschlussimpedanz für die Anpassschaltung in der Nähe von 50Ω und hat geringe Verluste. Mehrbandbetrieb einer unbeschwertten Antenne mit Koaxspeisung verbietet sich von selbst.

Antennen länger als die erste Resonanzwellenlänge sollten nur mit einer symmetrischen Zuleitung – möglichst 450 oder 600 Ω betrieben werden. Die auftretenden Verluste sind tragbar, wenn nicht Balune oder ähnliche Anpassnetzwerke den Wirkungsgrad verschlechtern. Eine 600 Ω Leitung hat gegenüber der 450 Ω Leitung den Vorteil der größeren Spannungsfestigkeit von ca. 12000 V, verbunden mit der höheren Leistungsübertragung, die allerdings durch das Stehwellenverhältnis wieder reduziert wird /1, 9/.

DL3LH, Walter

schau@rs-systems.info

waschau@rs-systems.info

www.rs-systems.info

Literatur auf www.ham-on-air.de

- /1/ The ARRL Antenna Book
- /2/ Passive Netzwerke zur Anpassung in hochfrequenten Schaltungen, DL3LH
- /3/ Pi-Filter mit Verlusten Dr. Schau, DL3LH
- /4/ Die Antenne macht die Musik, Dr. Schau, DL3LH
- /5/ Die T-Anpassung, Dr. Schau, DL3LH
- /6/ Antennenmesstechnik, Dr. Schau, DL3LH
- /7/ Endkapazitäten für verkürzte Dipole, DK5XX
- /8/ Langdrahtantennen für den KW Bereich, Dr. Schau, DL3LH

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.