

Umrechnung Reflexionsdämpfung, Reflexionsfaktor, Stehwellenverhältnis, Impedanz

Rückflussdämpfung a_r [dB]	Reflexionsfaktor r (Betrag)	Stehwellenverhältnis (SWV) s	reelle Impedanz [Ω] bei $Z_X > 50 \Omega$	reelle Impedanz [Ω] bei $Z_X < 50 \Omega$
1	0,8913	17,3910	869,55	2,88
2	0,7943	8,7242	436,21	5,73
3	0,7079	5,8480	292,40	8,55
4	0,6310	4,4194	220,97	11,31
5	0,5623	3,5698	178,49	14,01
6	0,5012	3,0095	150,48	16,61
7	0,4467	2,6146	130,73	19,12
8	0,3981	2,3229	116,14	21,53
9	0,3548	2,0999	104,99	23,81
10	0,3162	1,9250	96,25	25,97
11	0,2818	1,7849	89,24	28,01
12	0,2512	1,6709	83,54	29,92
13	0,2239	1,5769	78,84	31,71
14	0,1995	1,4985	74,93	33,37
15	0,1778	1,4326	71,63	34,90
16	0,1585	1,3767	68,83	36,32
17	0,1413	1,3290	66,45	37,62
18	0,1259	1,2880	64,40	38,82
19	0,1122	1,2528	62,64	39,91
20	0,1000	1,2222	61,11	40,91
21	0,0891	1,1957	59,78	41,82
22	0,0794	1,1726	58,63	42,64
23	0,0708	1,1524	57,62	43,39
24	0,0631	1,1347	56,73	44,06
25	0,0562	1,1192	55,96	44,68
26	0,0501	1,1055	55,28	45,23
27	0,0447	1,0935	54,68	45,72
28	0,0398	1,0829	54,15	46,17
29	0,0355	1,0736	53,68	46,57
30	0,0316	1,0653	53,27	46,93
31	0,0282	1,0580	52,90	47,26
32	0,0251	1,0515	52,58	47,55
33	0,0224	1,0458	52,29	47,81
34	0,0200	1,0407	52,04	48,04
35	0,0178	1,0362	51,81	48,25
36	0,0158	1,0322	51,61	48,44
37	0,0141	1,0287	51,43	48,61
38	0,0126	1,0255	51,27	48,76
39	0,0112	1,0227	51,13	48,89
40	0,0100	1,0202	51,01	49,01
41	0,0089	1,0180	50,90	49,12
42	0,0079	1,0160	50,80	49,21
43	0,0071	1,0143	50,71	49,30
44	0,0063	1,0127	50,63	49,37
45	0,0056	1,0113	50,57	49,44
46	0,0050	1,0101	50,50	49,50
47	0,0045	1,0090	50,45	49,56
48	0,0040	1,0080	50,40	49,60
49	0,0035	1,0071	50,36	49,65
50	0,0032	1,0063	50,32	49,68
51	0,0028	1,0057	50,28	49,72
52	0,0025	1,0050	50,25	49,75
53	0,0022	1,0045	50,22	49,78
54	0,0020	1,0040	50,20	49,80
55	0,0018	1,0036	50,18	49,82
56	0,0016	1,0032	50,16	49,84
57	0,0014	1,0028	50,14	49,86
58	0,0013	1,0025	50,13	49,87
59	0,0011	1,0022	50,11	49,89
60	0,0010	1,0020	50,10	49,90
61	0,0009	1,0018	50,09	49,91
62	0,0008	1,0016	50,08	49,92
63	0,0007	1,0014	50,07	49,93
64	0,0006	1,0013	50,06	49,94

Rückflussdämpfung a_r [dB]	Reflexionsfaktor r (Betrag)	Stehwellenverhältnis (SWV) s	reelle Impedanz [Ω] bei $Z_X > 50 \Omega$	reelle Impedanz [Ω] bei $Z_X < 50 \Omega$
65	0,0006	1,0011	50,06	49,94
66	0,0005	1,0010	50,05	49,95
67	0,0004	1,0009	50,04	49,96
68	0,0004	1,0008	50,04	49,96
69	0,0004	1,0007	50,04	49,96
70	0,0003	1,0006	50,03	49,97
71	0,0003	1,0006	50,03	49,97
72	0,0003	1,0005	50,03	49,97
73	0,0002	1,0004	50,02	49,98
74	0,0002	1,0004	50,02	49,98
75	0,0002	1,0004	50,02	49,98
76	0,0002	1,0003	50,02	49,98
77	0,0001	1,0003	50,01	49,99
78	0,0001	1,0003	50,01	49,99
79	0,0001	1,0002	50,01	49,99
80	0,0001	1,0002	50,01	49,99

Erläuterungen

Die **Reflexionsdämpfung** (engl. *Reflection Loss* oder *Return Loss*) besitzt das Formelzeichen a_r und wird in Dezibel angegeben. Ihr Wert ist, wie alle anderen Dämpfungen auch, immer positiv. Sie beschreibt die Dämpfung der Amplitude der reflektierten Welle in Bezug auf die gesendete Welle.

Die Reflexionsdämpfung a_r kann folgende Extremwerte annehmen:

$a_r = \infty$ bei perfekter Anpassung,
 $a_r = 0$ dB bei Leerlauf bzw. Kurzschluss

Der **Reflexionsfaktor**, Formelzeichen r , (engl. *Reflection Coefficient* Γ), ist dimensionslos und liefert genauere Aussagen zur Anpassung eines Verbrauchers als beispielsweise das Stehwellenverhältnis. Aus ihm lassen sich unmittelbar Rückschlüsse auf die Verhältnisse an der eigenen Funkstation ziehen. Bei komplexen Impedanzen, d. h. bei vorhandenem Blindanteil, ist der Reflexionsfaktor ebenfalls komplex, dann als r geschrieben.

Sein **Betrag** $|r|$, hier vereinfachend als r bezeichnet, entspricht der entlogarithmierten Reflexionsdämpfung. Man be-

nötigt diesen Wert auch, um z. B. das Stehwellenverhältnis (SWV) berechnen zu können. Die Beziehungen zwischen a_r und r lauten:

$$r = 10^{\left(-\frac{a_r}{20 \text{ dB}}\right)}, \quad a_r = -20 \text{ dB} \cdot \lg r$$

Der Reflexionsfaktor r schwankt zwischen:

$r = 1$ bei Kurzschluss
 $r = 0$ bei perfekter Anpassung
 $r = 1$ bei Leerlauf

Das **Stehwellenverhältnis** (SWV) hat das Formelzeichen s und ist immer größer oder gleich 1. In der Literatur sind auch *SWR* oder *VSWR* üblich, abgeleitet vom englischen *Voltage Standing Wave Ratio*, d. h. Spannungs-Stehwellenverhältnis. Die Gleichung für das Stehwellenverhältnis lautet:

$$s = \frac{1+r}{1-r}$$

Das Stehwellenverhältnis s kann folgende Extremwerte annehmen:

$s = 1$ bei Anpassung,
 $s = \infty$ bei Leerlauf bzw. Kurzschluss

Bei bekanntem Stehwellenverhältnis kann die **Impedanz** Z_X , welche zur Reflexion und zum Stehwellenverhältnis führt, einfach berechnet werden – sofern es sich um eine rein **reelle** Impedanz handelt, s. a. [1], d. h. ohne vorhandenen Blindanteil! Doch Vorsicht: Das SWV, das zwischen 1 und ∞ liegen kann, hat stets zwei Lösungen für den dazu gehörenden Widerstand. Bezogen auf eine Systemimpedanz von 50Ω ergeben sich dann:

$$Z_X = 50 \Omega \cdot s$$

und

$$Z_X = \frac{50 \Omega}{s}$$

Durch Umstellung der Formel ist auch eine Rückrechnung möglich. Je nachdem, wie groß Z_X ist, sind **zwei Fälle** zu unterscheiden.

$$\text{Bei } Z_X > 50 \Omega \text{ gilt } s = \frac{Z_X}{50 \Omega}$$

$$\text{und bei } Z_X < 50 \Omega \text{ gilt } s = \frac{50 \Omega}{Z_X}$$

$$r = \frac{s-1}{s+1}$$

Beispiele

Zwei Beispiele sollen hier die praktische Anwendung der Tabelle verdeutlichen.

Reflexionsdämpfung

Bei 100 W Sendeleistung (Vorlaufleistung $P_V = 50$ dBm) und einer Reflexionsdämpfung von $a_r = 10$ dB (entspricht $s \approx 2$) gelangen als Rücklaufleistung

$$\begin{aligned} P_R &= P_V - a_r \\ &= 50 \text{ dBm} - 10 \text{ dB} \\ &= 40 \text{ dBm} = 10 \text{ W} \end{aligned}$$

nicht zum Verbraucher. Vergrößert sich die Reflexionsdämpfung auf $a_r = 20$ dB (entspricht $s \approx 1,22$), sind es hingegen nur

$$\begin{aligned} P_R &= P_V - a_r \\ &= 50 \text{ dBm} - 20 \text{ dB} \\ &= 30 \text{ dBm} = 1 \text{ W}. \end{aligned}$$

Der Unterschied beim Stehwellenverhältnis hat auf den ersten Blick keinen so großen Leistungsunterschied erwarten lassen. Wenn die Möglichkeit besteht, ist daher stets die Reflexionsdämpfung heranzuziehen.

Doch auch der in der Regel beim Abstimmen der Antenne stets eingeschaltete Stehwellenmesser lässt schon Rückschlüsse auf die Antenne und die abgestrahlte Sendeleistung zu.

Liegt das **Stehwellenverhältnis** bei $s = 3$, so ist eine Ausgangsimpedanz von $Z_X = 150 \Omega$ oder $Z_X = 16,6 \Omega$ vorhanden. Die Reflexionsdämpfung beträgt dann jedoch

nur noch $a_r = 6$ dB. Und das wären entsprechend bereits genanntem Beispiel:

$$\begin{aligned} P_R &= 50 \text{ dBm} - 6 \text{ dB} \\ &= 44 \text{ dBm} = 25 \text{ W} \end{aligned}$$

Somit gelangen 25 % der Ausgangsleistung nicht zum Verbraucher. Diese Leistung kann also gar nicht über die Antenne abgestrahlt werden, selbst wenn man eine ansonsten verlustfreie Übertragung zur Antenne annimmt.

Literatur

- [1] Hegewald, W.; DL2RD: Darstellung von SWV-Messwerten mit Excel oder Calc. FUNKAMATEUR 59 (2010) H. 3, S. 263
- [2] FA-Bauelementeinformation: Umrechnung Leistung/Spannung. FUNKAMATEUR 67 (2018) H. 2, S. 149–150