

## Grundlagen

	Pegel	Leistungsverhältnis	Spannungsverhältnis	Kennfarbe	Wert	Multiplikator	Toleranz
·							
·							
$10^{-3} = 0,001$	-20 dB	0,01	0,1	Silber	-	$10^{-2}$	±10%
	-10 dB	0,1	0,32	Gold	-	$10^{-1}$	±5%
$10^{-2} = 0,01$	-6 dB	0,25	0,5	schwarz	0	$10^0$	-
	-3 dB	0,5	0,71	braun	1	$10^1$	±1%
$10^{-1} = 0,1$	-1 dB	0,8	0,89	rot	2	$10^2$	±2%
	0 dB	1	1	orange	3	$10^3$	-
$10^0 = 1$	1 dB	1,26	1,12	gelb	4	$10^4$	-
	3 dB	2	1,41	grün	5	$10^5$	±0,5
$10^1 = 10$	6 dB	4	2	blau	6	$10^6$	±0,25%
	10 dB	10	3,16	violett	7	$10^7$	±0,1%
$10^2 = 100$	20 dB	100	10	grau	8	$10^8$	-
				weiß	9	$10^9$	-
·				keine	-	-	±20%

## Wertkennzeichnung durch Buchstaben

<i>p</i>	<i>Pico</i>	$10^{-12}$
<i>n</i>	<i>Nano</i>	$10^{-9}$

$\mu$	<i>Mikro</i>	$10^{-6}$
<i>m</i>	<i>Milli</i>	$10^{-3}$

		$10^0$
<i>k</i>	<i>Kilo</i>	$10^3$

<i>M</i>	<i>Mega</i>	$10^6$
<i>G</i>	<i>Giga</i>	$10^9$

**Ohmsches Gesetz**  $U = I \cdot R$

**Ladungsmenge**  $Q = I \cdot t$

**Leistung**  $P = U \cdot I$

**Arbeit (Energie)**  $W = P \cdot t$

### Widerstände in Reihenschaltung

Spannungsteiler

$$R_G = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}; \quad \frac{U_2}{U_G} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

### Widerstände in Parallelschaltung

bei 2 Widerständen

$$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2}; \quad I_G = I_1 + I_2$$

$$R_G = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

bei n gleichen Widerständen R

$$R_G = \frac{R}{n}$$

### Effektiv- und Spitzenwerte bei sinusförmiger Wechselspannung

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}; \quad U_{\text{eff}} = 0,707 \cdot U_{\max}; \quad U_{\text{ss}} = 2 \cdot U_{\max}$$

### Innenwiderstand

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Gültig ab dem 1. Februar 2007

**Frequenz und Wellenlänge**

$$c = f \cdot \lambda \quad \text{mit} \quad c = c_0 \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

zugeschnittene Formel

$$f [\text{MHz}] = \frac{300}{\lambda [\text{m}]}$$

**Frequenz und Periodendauer**

$$T = \frac{1}{f}$$

**Induktiver Widerstand**

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

**Induktivitäten in Reihenschaltung**

$$L_G = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

**Induktivitäten in Parallelschaltung**

$$\frac{1}{L_G} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$$

**Induktivität**

$$L = \frac{\mu \cdot A}{l_m} N^2 \quad \mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

$$L = N^2 \cdot A_L \quad \text{mit } A_L \text{ in nH}$$

**Übertrager**

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

**Kapazitiver Widerstand**

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

**Kondensatoren in Reihenschaltung**

$$\frac{1}{C_G} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

bei zwei Kondensatoren

$$C_G = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

**Kondensatoren in Parallelschaltung**

$$C_G = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

**Kapazität eines Kondensators**

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d} \quad \varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

**Elektrische Feldstärke**

$$E = \frac{U}{d}$$

**Schwingkreis**

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

**Spiegelfrequenz / Zwischenfrequenz**

$$f_S = f_E + 2 \cdot f_{ZF} \quad \text{für } f_O > f_E$$

$$f_S = f_E - 2 \cdot f_{ZF} \quad \text{für } f_O < f_E$$

$$f_{ZF} = f_E \pm f_O$$

**Dämpfung**

$$a = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2} \quad \text{in dB}; \quad a = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} \quad \text{in dB}$$

**Verstärkung/Gewinn**  $g = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1}$  in dB;  $g = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}$  in dB

**Leistungspegel**  $p = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0}$  in dBm

Absoluter Pegel: 0 dBm liegt bei  $P_0 = 1 \text{ mW}$

**ERP/EIRP**  $P_{ERP} = (P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}) \cdot G_{\text{Antenne Dipol}}$

$P_{EIRP} = (P_{\text{Sender}} - P_{\text{Verluste}}) \cdot G_{\text{Antenne isotrop}}$

**Antennengewinne gegenüber dem isotropen Kugelstrahler**

	Gewinnfaktor	Gewinn in dBi
Dipol	1,64	2,15 dBi
$\lambda/4$ Vertikal	3,28	5,15 dBi

**Feldstärke im Fernfeld einer Antenne<sup>\*)</sup>**

$$E = \frac{\sqrt{30 \Omega \cdot P_{EIRP}}}{r}$$

**Sicherheitsabstand<sup>\*)</sup>** (zugeschnittene Formel)

$$r = \frac{\sqrt{30 \cdot P_{EIRP} [\text{W}]}}{E \left[ \frac{\text{V}}{\text{m}} \right]}$$

<sup>\*)</sup> für Freiraumausbreitung ab  $r > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}$

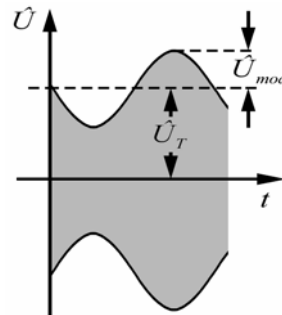
**Amplitudenmodulation**

Modulationsgrad

$$m = \frac{\hat{U}_{mod}}{\hat{U}_T};$$

Bandbreite

$$B = 2 \cdot f_{mod \max}$$



**Frequenzmodulation**

Modulationsindex  $m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$

Ungefähre Bandbreite (Carson-Bandbreite)<sup>\*)</sup>  $B = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod \max})$

<sup>\*)</sup> Bandbreite, in der etwa 99 % der Gesamtleistung eines FM-Signals enthalten sind.

Um Nachbarkanalstörungen ausreichend zu vermindern sind jedoch höhere Frequenzabstände erforderlich.

**Stehwellenverhältnis (VSWR)**

$$s = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{U_v + U_r}{U_v - U_r}$$

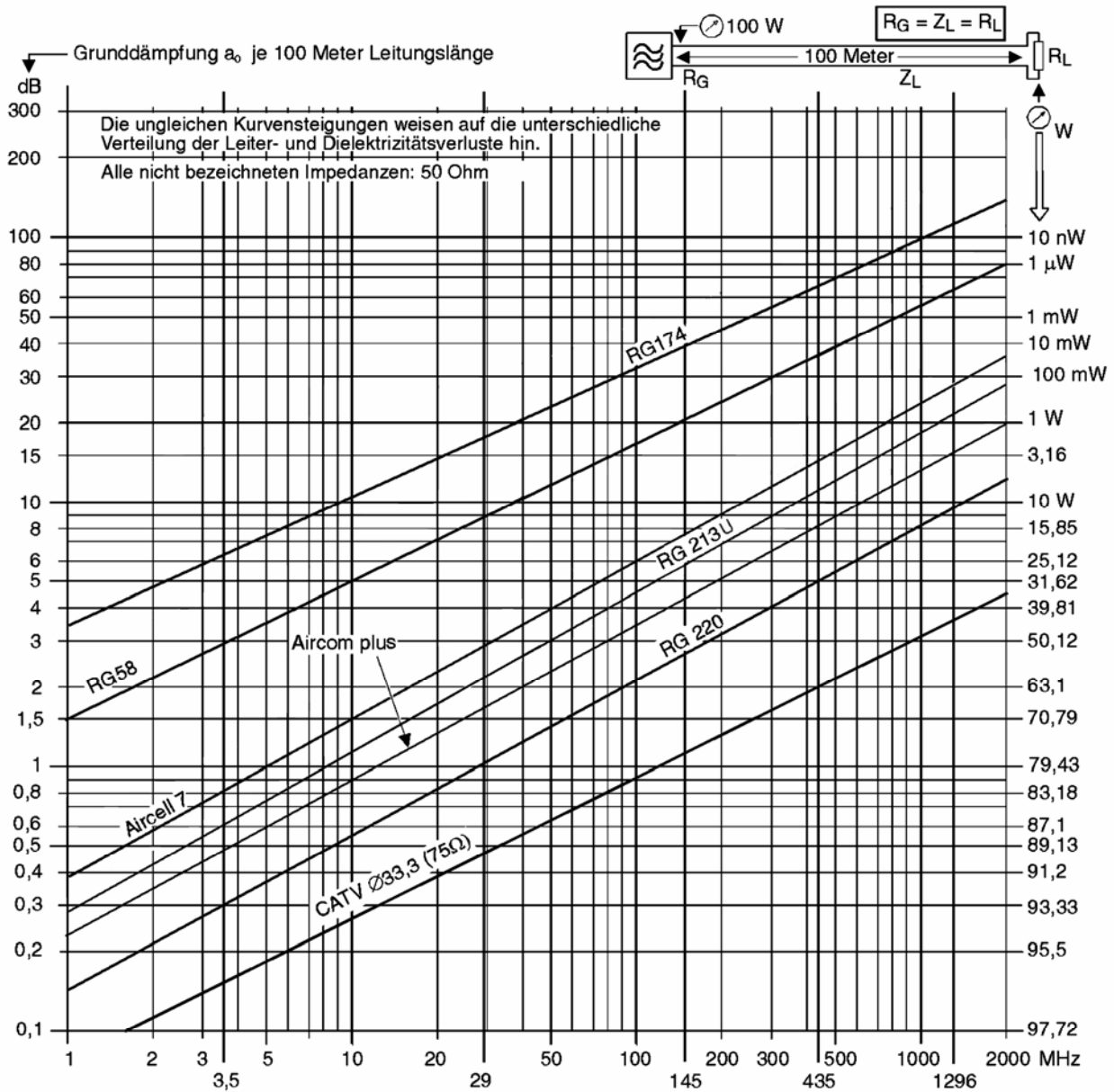
**Rücklaufende Leistung**

$$P_r = P_v \cdot \left( \frac{s-1}{s+1} \right)^2 \text{ mit } P_r \neq P_v$$

**Wirkungsgrad**

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}; \quad \eta_{[\%]} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\%; \quad P_{ab} = P_{zu} - P_v$$

### Kabeldämpfungsdiagramm



Grunddämpfung verschiedener gebräuchlicher Koaxleitungen in Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz für eine Länge von 100 m.

**Formelzeichen**

Sofern bei der jeweiligen Formel nicht anders angegeben, gilt:

$A$  ... Querschnitt, Fläche

$A_L$  ... Induktivitätsfaktor in nH

$a$  ... Dämpfungsmaß in dB

$B$  ... Bandbreite

$C$  ... Kapazität

$C_G$  ... Gesamtkapazität

$C_1, C_2, C_3, C_n$  ... Teilkapazitäten

$c$  ... Phasengeschwindigkeit

$c_0$  ... Vakuumlichtgeschwindigkeit

$d$  ... Abstand, Entfernung

$E$  ... elektrische Feldstärke

$f$  ... Frequenz

$f_E$  ... eingestellte Empfangsfrequenz

$f_{mod}$  ... Modulationsfrequenz

$f_{modmax}$  ... höchste Modulationsfrequenz

$f_O$  ... Oszillatorfrequenz

$f_S$  ... Spiegelfrequenz

$f_{ZF}$  ... Zwischenfrequenz

$f_0$  ... Resonanzfrequenz

$G$  ... Gewinnfaktor

$G_{Antenne\ Dipol}$  ... Gewinnfaktor bezogen auf den Halbwellendipol

$G_{Antenne\ isotrop}$  ... Gewinnfaktor bezogen auf den isotropen Strahler

$g$  ... Verstärkungsmaß/Gewinn in dB

$I$  ... Stromstärke

$I_G$  ... Gesamtstrom

$I_1, I_2$  ... Teilströme

$L$  ... Induktivität

$L_G$  ... Gesamtinduktivität

$L_1, L_2, L_3, L_n$  ... Teilinduktivitäten

$l_m$  ... mittlere Feldlinienlänge

$m$  ... Modulationsindex

$N$  ... Windungszahl

$P$  ... Leistung

$P_{Sender}, P_{ERP}, P_{EIRP}$  ... Sender-/Strahlungsleistungen

$P_{Verluste}$  ... Verluste (Kabel, Koppler etc.)

$P_V$  ... Verlustleistung

$P_r$  ... rücklaufende (reflektierte) Leistung

$P_v$  ... vorlaufende Leistung

$P_{ab}$  ... abgegebene Leistung

$P_{zu}$  ... zugeführte Leistung

$P_1$  ... Eingangsleistung

$P_2$  ... Ausgangsleistung

$Q$  ... Ladungsmenge

$R$  ... Widerstand

$R_G$  ... Gesamtwiderstand

$R_i$  ... Innenwiderstand

$R_1, R_2, R_3, R_n$  ... Teilwiderstände

$r$  ... Sicherheitsabstand

$s$  ... Stehwellenverhältnis oder Welligkeit

$T$  ... Periodendauer

$t$  ... Zeit

$U$  ... Spannung

$U_{eff}$  ... Effektivspannung

$U_G$  ... Gesamtspannung

$U_{SS}$  ... Spannung von Spitze zu Spitze

$U_1, U_2$  ... Teilspannungen bzw.

$U_1$  ... Eingangsspannung

$U_2$  ... Ausgangsspannung

$U_r$  ... Spannung der rücklaufenden Welle

$U_v$  ... Spannung der hinlaufenden Welle

$U_{max}$  ... Spitzenspannung

$\hat{U}_{mod}$  ... Amplitude der Modulationsspannung

$\hat{U}_T$  ... Amplitude der HF-Trägerspannung

VSWR ... Stehwellenverhältnis oder Welligkeit

$W$  ... Arbeit

$X_C$  ... kapazitiver Wechselstromwiderstand

$X_L$  ... induktiver Wechselstromwiderstand

$\Delta I$  ... Stromänderung

$\Delta U$  ... Spannungsänderung

$\Delta f_T$  ... Frequenzhub

$\epsilon_0$  ... elektrische Feldkonstante

$\epsilon_r$  ... relative Dielektrizitätszahl

$\eta$  ... Wirkungsgrad

$\eta\%$  ... Wirkungsgrad in Prozent

$\lambda$  ... Wellenlänge

$\mu_0$  ... magnetische Feldkonstante

$\mu_r$  ... relative Permeabilität

$\omega$  ... Kreisfrequenz