

Grundlagen

	Pegel	Leistungs- verhältnis	Spannungs- verhältnis	Kenn- farbe	Wert	Multi- plikator	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	-
$10^3 = 1000$				keine	-	-	±20%
·							
·							

Wertkennzeichnung durch Buchstaben

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

μ	<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

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

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

bei n gleichen Widerständen R

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

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

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

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

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

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

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

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^{*)}

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

Sicherheitsabstand^{*)} (zugeschnittene Formel)

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

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

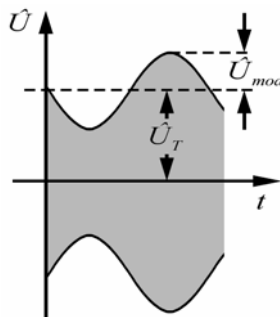
Amplitudenmodulation

Modulationsgrad

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

Bandbreite

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



Frequenzmodulation

Modulationsindex

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

Ungefähre Bandbreite (Carson-Bandbreite)^{*)}

$$B = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{\text{mod max}})$$

^{*)} Bandbreite, in der etwa 99 % der Gesamtleistung eines FM-Signals enthalten sind.

Um Nachbarkanalstörungen ausreichend zu vermindern sind jedoch höhere Frequenzabstände erforderlich.

Stehwellenverhältnis (VSWR)

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

Rücklaufende Leistung

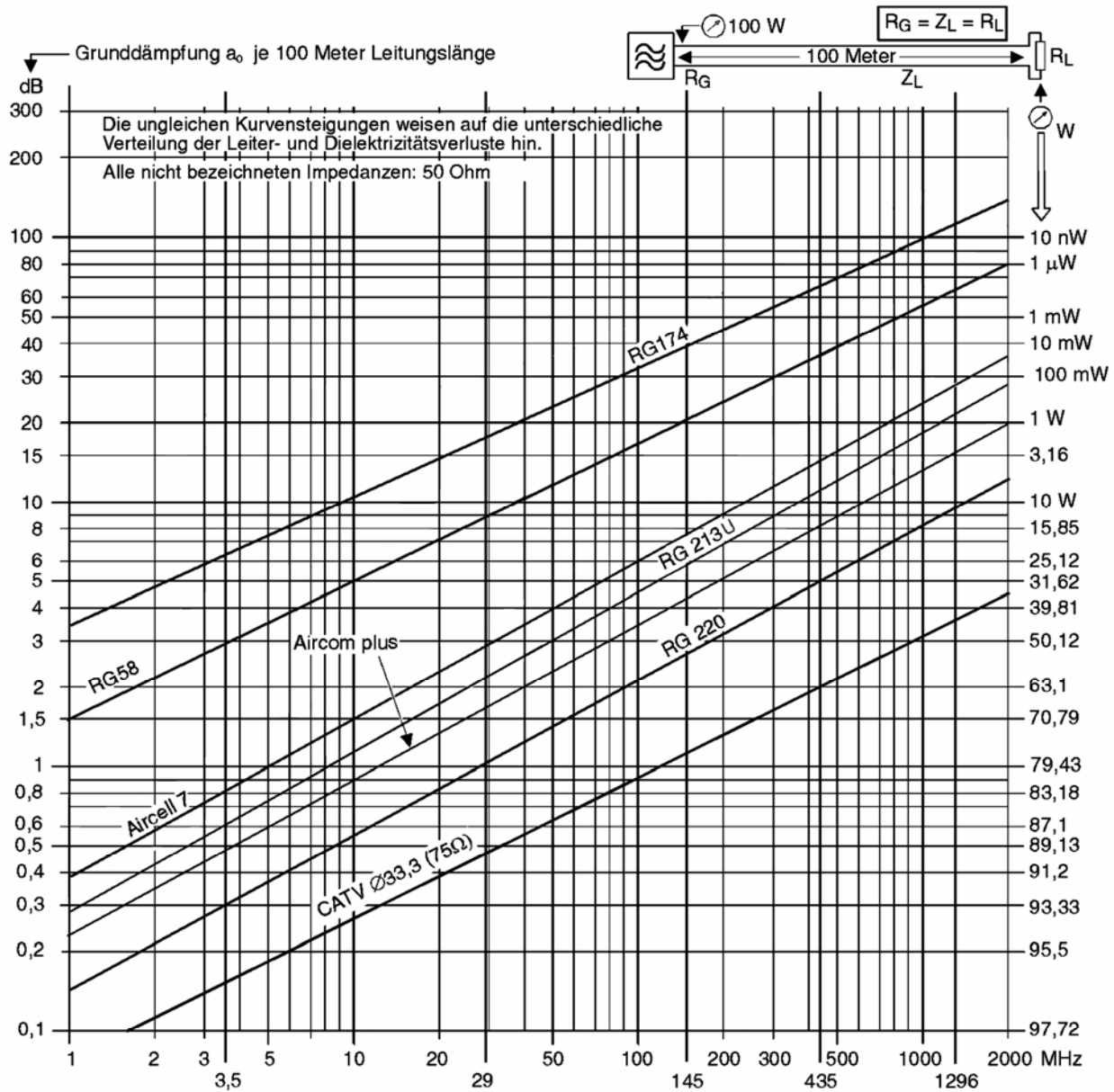
$$P_r = P_v \cdot \left(\frac{s-1}{s+1} \right)^2 \text{ mit } P_r \neq P_v$$

Wirkungsgrad

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

Gültig ab dem 1. Februar 2007

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

ΔI ... Stromänderung

ΔU ... Spannungsänderung

Δf_T ... Frequenzhub

ϵ_0 ... elektrische Feldkonstante

ϵ_r ... relative Dielektrizitätszahl

η ... Wirkungsgrad

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

λ ... Wellenlänge

μ_0 ... magnetische Feldkonstante

μ_r ... relative Permeabilität

ω ... Kreisfrequenz