

Anhang

1.1 Formelsammlung

Zehnerpotenz				Symbol	Präfix	Zweierpotenzen				Bit
10^{-12}	=	0,000 000 000 001		p	Piko	2^0	=	1		0
10^{-9}	=	0,000 000 001		n	Nano	2^1	=	2		1
10^{-6}	=	0,000 001		μ	Mikro	2^2	=	4		2
10^{-3}	=	0,001		m	Milli	2^3	=	8		3
10^{-2}	=	0,01		c	Zenti	2^4	=	16		4
10^{-1}	=	0,1		d	Dezi	2^5	=	32		5
10^0	=	1		–	–	2^6	=	64		6
10^1	=	10		da	Deka	2^7	=	128		7
10^2	=	100		h	Hekto	2^8	=	256		8
10^3	=	1000		k	Kilo	2^9	=	512		9
10^6	=	1 000 000		M	Mega	2^{10}	=	1024		10
10^9	=	1 000 000 000		G	Giga	2^{11}	=	2048		11
10^{12}	=	1 000 000 000 000		T	Tera	2^{12}	=	4096		12

Widerstände

Ohmsches Gesetz

$$U = R \cdot I \quad R = \frac{U}{I} \quad I = \frac{U}{R}$$

Innenwiderstand

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

Widerstand von Drähten

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A_{Dr}} \quad A_{Dr} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = r^2 \cdot \pi$$

l : Drahtlänge

A_{Dr} : Drahtquerschnitt

ρ : Spezifischer Widerstand in $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$
(Tabelle am Ende der Formelsammlung)

Farbe	Wert	Multiplikator		
Silber	–	10^{-2}	=	0,01 ±10 %
Gold	–	10^{-1}	=	0,1 ±5 %
Schwarz	0	10^0	=	1 –
Braun	1	10^1	=	10 ±1 %
Rot	2	10^2	=	100 ±2 %
Orange	3	10^3	=	1000 –
Gelb	4	10^4	=	10 000 –
Grün	5	10^5	=	100 000 ±0,5 %
Blau	6	10^6	=	1 000 000 ±0,25 %
Violett	7	10^7	=	10 000 000 ±0,1 %
Grau	8	10^8	=	100 000 000 –
Weiß	9	10^9	=	1 000 000 000 –
Keine	–	–		±20 %

Widerstände in Reihenschaltung

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

Bei 2 Widerständen gilt

$$R_G = R_1 + R_2$$

Widerstände in Parallelschaltung

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

Bei 2 Widerständen gilt

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

Spannungsteiler (unbelastet)

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

Stromteiler

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

Vorzugsreihen für die Nennwerte von Widerständen und Kondensatoren

Reihe	Toleranz		Werte																						
E6	20%	1				1,5				2,2				3,3				4,7				6,8			
E12	10%	1		1,2		1,5		1,8		2,2		2,7		3,3		3,9		4,7		5,6		6,8		8,2	
E24	5%	1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

Leistung

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

$$U = \frac{P}{I} = \sqrt{P \cdot R}$$

$$I = \frac{P}{U} = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

Arbeit/Energie

$$W = P \cdot t$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100 \% \quad P_{ab} = P_{zu} - P_V$$

Wechselspannung

Effektiv- und Spitzenwerte bei Sinusförmiger Wechselspannung

$$\hat{U} = U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} \quad U_{\text{SS}} = 2 \cdot \hat{U}$$

Kreisfrequenz

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Scheinwiderstand

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Periodendauer

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

Z: Scheinwiderstand

X: Blindwiderstand

Induktivität/Spule

Induktiver Blindwiderstand

$$X_L = \omega \cdot L$$

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 der Ringspule

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A_S}{l_m}$$

Induktivität einer langen Zylinderspule

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A_S}{l}$$

Induktivität von Ringkernspulen

Auch für mehrlagige Spulen

$$L = N^2 \cdot A_L$$

Magnetische Feldstärke in einer Ringspule

$$H = \frac{I \cdot N}{l_m}$$

Magnetische Flussdichte

$$B_m = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$$

Transformator/ Übertrager

Übersetzungsverhältnis

$$\dot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

Belastbarkeit von Wicklungen

$$I = S \cdot A_{Dr} \text{ mit } S \approx 2,5 \frac{A}{mm^2}$$

Kapazität/Kondensator

Kapazitiver Blindwiderstand

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Kondensatoren in Reihenschaltung

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

Kondensatoren in Parallelschaltung

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

Elektrische Feldstärke im homogenen Feld

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

Kapazität eines Kondensators

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

A : Kondensatorplattenfläche

d : Plattenabstand

ϵ_r : Relative Dielektrizitätszahl

(Tabelle am Ende der Formelsammlung)

Filter

RC-Tiefpass / RC-Hochpass

$$f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

f_g : Grenzfrequenz (Frequenz am -3 dB-Punkt)

RL-Tiefpass / RL-Hochpass

$$f_g = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$$

Schwingkreis

Es gilt

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

Im Resonanzfall $X_C = X_L$ gilt

Reihenschwingkreis

$$B = \frac{R_s}{2 \cdot \pi \cdot L}$$

$$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{X_L}{R_s}$$

Parallelschwingkreis

$$B = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_p \cdot C}$$

$$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_p}{X_L}$$

Transistor

Für Gleichstrom gilt

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

B : Gleichstromverstärkung

Für Wechselstrom gilt

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

$$\beta_U = \beta = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta U_{BE}}$$

$$\beta_P = \beta^2 = \beta_U \cdot \beta_I$$

β : Wechselstromverstärkung

ZF und Spiegelfrequenzen

Um die Darstellung übersichtlich zu halten, wird der Fall $f_{ZF} = f_E + f_{OSZ}$ nicht betrachtet.

Zwischenfrequenz

$$f_{ZF} = |f_E - f_{OSZ}| = \begin{cases} f_{OSZ} - f_E & \text{wenn } f_E < f_{OSZ} \\ f_E - f_{OSZ} & \text{wenn } f_E > f_{OSZ} \end{cases}$$

f_{ZF} : Zwischenfrequenz

f_E : Eingangsfrequenz

f_{OSZ} : Oszillatorfrequenz

Spiegelfrequenz

$$f_S = 2 \cdot f_{OSZ} - f_E = \begin{cases} f_{OSZ} + f_{ZF} = f_E + 2 \cdot f_{ZF} & \text{wenn } f_E < f_{OSZ} \\ f_{OSZ} - f_{ZF} = f_E - 2 \cdot f_{ZF} & \text{wenn } f_E > f_{OSZ} \end{cases}$$

Pegel

Leistungs und Spannungspegel

$$p = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{1 \text{ mW}} \right) \text{ dBm}$$

$$p = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{1 \text{ W}} \right) \text{ dBW}$$

$$u = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{0,775 \text{ V}} \right) \text{ dBu}$$

Verstärkung/Gewinn

$$g = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \text{ dB} \quad g = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_2}{U_1} \right) \text{ dB}$$

Dämpfung/Verluste

$$a = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \text{ dB} \quad a = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_1}{U_2} \right) \text{ dB}$$

Leistungsverhältnis Spannungsverhältnis

-20 dB	0,01	0,1
-10 dB	0,1	0,32
-6 dB	0,25	0,5
-3 dB	0,5	0,71
-1 dB	0,79	0,89
0 dB	1	1
1 dB	1,26	1,12
3 dB	2	1,41
6 dB	4	2
10 dB	10	3,16
20 dB	100	10

P_1 : Eingangsleistung

P_2 : Ausgangsleistung

U_1 : Eingangsspannung

U_2 : Ausgangsspannung

Strahlungsleistung und Gewinn von Antennen

ERP

$$P_{\text{ERP}} = P_{\text{S}} - a + g_{\text{d}}$$

$$P_{\text{ERP}} = P_{\text{S}} \cdot 10^{\frac{g_{\text{d}} - a}{10 \text{ dB}}}$$

Feldstärke im Fernfeld einer Antenne

$$E = \frac{\sqrt{30 \Omega \cdot P_{\text{A}} \cdot G_{\text{i}}}}{d} = \frac{\sqrt{30 \Omega \cdot P_{\text{ERP}}}}{d}$$

Gilt für Freiraumausbreitung ab $d > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}$

P_{A} : Leistung an der Antenne

Gewinn von Antennen

$$G_{\text{i}} = G_{\text{d}} \cdot 1,64 \quad g_{\text{i}} = g_{\text{d}} + 2,15 \text{ dB} \quad G = 10^{\frac{g}{10 \text{ dB}}}$$

EIRP

$$P_{\text{EIRP}} = P_{\text{ERP}} + 2,15 \text{ dB}$$

$$P_{\text{EIRP}} = P_{\text{ERP}} \cdot 1,64 = P_{\text{S}} \cdot 10^{\frac{g_{\text{d}} - a + 2,15 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}}$$

Halbwellendipol

$$G_{\text{i}} = 1,64 \quad g_{\text{i}} = 2,15 \text{ dB}$$

$\lambda/4$ -Vertikalantenne mit Bodenreflektion

$$G_{\text{i}} = 3,28 \quad g_{\text{i}} = 5,15 \text{ dB}$$

Parabolspiegelantenne

$$g_{\text{i}} = 10 \cdot \log_{10} \left(\left(\frac{\pi \cdot d}{\lambda} \right)^2 \cdot \eta \right) \text{ dB}$$

Rauschen

Thermisches Rauschen

$$P_R = k \cdot T_K \cdot B$$
$$\Delta p_R = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{B_1}{B_2} \right) \text{ dB}$$
$$U_R = 2 \cdot \sqrt{P_R \cdot R}$$

P_R : Rauschleistung

Δp_R : Pegelunterschied der Rauschleistungen in B_1 und B_2 z. B. in dB

Signal-Rauschverhältnis (SNR)

$$\text{SNR} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_S}{P_N} \right) \text{ dB} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_S}{U_N} \right) \text{ dB}$$

Shannon-Hartley-Gesetz für AWGN-Kanal

$$C = \frac{B}{1 \text{ Hz}} \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_S}{P_N} \right) \frac{\text{bit}}{\text{s}}$$

Rauschzahl

$$F = \frac{\left(\frac{P_S}{P_N} \right)_{\text{Eingang}}}{\left(\frac{P_S}{P_N} \right)_{\text{Ausgang}}}$$

$$a_F = 10 \cdot \log_{10} (F)$$

$$a_F = \text{SNR}_{\text{Eingang}} - \text{SNR}_{\text{Ausgang}}$$

P_S : Signalleistung

U_N : Rauschspannung

P_N : Rauschleistung

U_S : Signalspannung

C : Maximale Datenübertragungsrate

B : Bandbreite in Hz

Logarithmus zur Basis 2

$$\log_2(x) = \frac{\log_{10}(x)}{\log_{10}(2)}$$

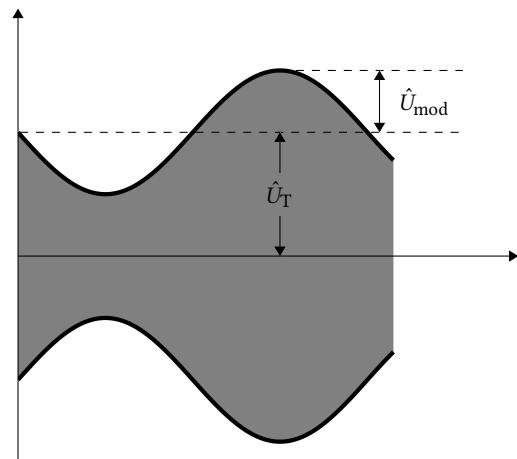
Amplitudenmodulation

Modulationsgrad

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

Bandbreite

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



Frequenzmodulation

Modulationsindex

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

Δf_T : Frequenzhub

Carson-Bandbreite

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

Ungefähre FM-Bandbreite B enthält etwa 99 % der Gesamtleistung des Signals

Wellenlänge und Frequenz

Lichtgeschwindigkeit

$$c = f \cdot \lambda \quad f = \frac{c}{\lambda} \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

Im Freiraum gilt

$$c = c_0 \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 300\,000\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$f[\text{MHz}] \approx \frac{300}{\lambda[\text{m}]} \quad \lambda[\text{m}] \approx \frac{300}{f[\text{MHz}]}$$

Verkürzungsfaktor von HF-Leitungen

$$k_v = \frac{l_G}{l_E} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{c}{c_0}$$

l_G : mechanische Länge

l_E : elektrische Länge

Reflektio

Stehwellenverhältnis (SWR, SWV, VSWR)

$$s = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{U_v + U_r}{U_v - U_r} = \frac{\sqrt{P_v} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_v} - \sqrt{P_r}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$s = \frac{R_2}{Z} \text{ wenn } R_2 > Z \text{ und } s = \frac{Z}{R_2} \text{ wenn } R_2 < Z$$

Reflektionsfaktor

$$|\Gamma| = \frac{s-1}{s+1} = \left| \frac{R_2 - Z}{R_2 + Z} \right| = \frac{|U_r|}{|U_v|} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}}$$

Rücklaufende Leistung

$$P_r = P_v \cdot |\Gamma|^2$$

An R_2 abgegebene Leistung

$$P_{ab} = P_v \cdot (1 - |\Gamma|^2)$$

U_v : Spannung der hinlaufenden Welle

U_r : Spannung der rücklaufenden Welle

Z : Wellenwiderstand der HF-Leitung

R_2 : reeller Abschlusswiderstand der HF-Leitung

P_v : vorlaufende Leistung

P_r : rücklaufende (reflektierte) Leistung

P_{ab} : Leistung an R_2

Wellenwiderstand

HF-Leitungen

$$Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

Koaxiale Leitungen

$$Z = \frac{60 \Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right)$$

D : Innendurchmesser Außenleiter

d : Durchmesser des Innenleiters

Symmetrische Zweidrahtleitungen ($a/d > 2,5$)

$$Z = \frac{120 \Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot a}{d}\right)$$

a : Mittenabstand der Leiter

d : Durchmesser der Leiter

Viertelwellentransformator

$$Z = \sqrt{Z_E \cdot Z_A}$$

Z : erforderlicher Wellenwiderstand einer $\lambda/4$ -Transformationsleitung

Weitere Formeln

Höchste brauchbare Frequenz

$$\text{MUF} \approx \frac{f_c}{\sin(\alpha)} \quad f_{\text{opt}} = \text{MUF} \cdot 0,85$$

f_{opt} : Optimale Arbeitsfrequenz

Empfindlichkeit von Messsystemen

$$E_{\text{MESS}} = \frac{R_i}{U_i} = \frac{1}{I_i}$$

E_{MESS} : Empfindlichkeit in $\frac{\Omega}{V}$

U_i : Spannung am System bei Vollausschlag

I_i : Strom durch das System bei Vollausschlag

Relativer maximaler Fehler

$$F_W = \pm \frac{G}{100} \cdot \frac{W_E}{W_M}$$

F_W : relativer maximaler Fehler (in %)

G : Genauigkeitsklasse des Messinstruments

W_E : Endwert des Messbereichs

W_M : abgelesener Wert (Ist-Wert)

Abtasttheorem

$$f_{\text{abtast}} > 2 \cdot f_{\text{max}}$$

f_{abtast} : Abtastrate

f_{min} : Minimale Frequenz

f_{max} : Maximale Frequenz

für Nicht-Basisband-Signale

$$f_{\text{abtast}} > 2 \cdot (f_{\text{max}} - f_{\text{min}}) \text{ wenn } f_{\text{abtast}} < f_{\text{min}} \text{ oder } f_{\text{abtast}} > f_{\text{max}}$$

Datenübertragungs-/Symbolrate

$$C = R_S \cdot n$$

C : Datenübertragungsrate in Bit/s

R_S : Symbolrate in Baud

n : Symbolgröße in Bit/Symbol

1.2 Formelzeichen, Konstanten und Tabellen

Sofern bei der jeweiligen Formel nicht anders angegeben, gilt:

A	Querschnitt, Fläche	g	Verstärkungsmaß/Gewinn (z. B. in dB)
A_{Dr}	Drahtquerschnitt	g_d	Gewinn bezogen auf den Halbwellendipol (z. B. in dB)
A_{Fe}	Eisenkernquerschnitt	g_i	Gewinn bezogen auf den isotropen Strahler (z. B. in dB)
A_L	Induktivitätskonstante (z. B. in nH)	GPSDO	GPS Disciplined Oscillator (GPS-synchronisierter Oszillator)
A_S	Querschnittsfläche der Spule	H	magnetische Feldstärke
a	Dämpfungsmaß (z. B. in dB)	I	Stromstärke
a_F	Rauschzahl gemessen mit Eingangsabschluss bei 290 K (z. B. in dB)	I_B	Basisgleichstrom
AWGN	Additive White Gaussian Noise (Additives weißes gaußsches Rauschen)	I_C	Kollektorgleichstrom
B, B_1, B_2	Bandbreiten	I_E	Emittergleichstrom
B_m	magnetische Flussdichte	I_G	Gesamtstrom
C	Kapazität	I_P	Primärstromstärke
C'	Kapazitätsbelag (Kapazität pro Meter)	I_S	Sekundärstromstärke
C_G	Gesamtkapazität	I_1, I_2	Teilströme
C_1, C_2, C_3, C_n	Teilkapazitäten	k	Boltzmann-Konstante, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{W \cdot s}{K}$
c	Phasengeschwindigkeit	k_v	Verkürzungsfaktor
c_0	Vakuumlichtgeschwindigkeit, $c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$	L	Induktivität
d	Abstand, Entfernung	L'	Induktivitätsbelag (Induktivität pro Meter)
E	elektrische Feldstärke	L_G	Gesamtinduktivität
EIRP	äquivalente isotrope Strahlungsleistung	L_1, L_2, L_3, L_n	Teilinduktivitäten
ERP	äquivalente (effektive) Strahlungsleistung	l	Länge
e	Eulersche Zahl, $e = 2,718 \dots$	l_m	mittlere Feldlinienlänge
F	Rauschzahl (Eingangsabschluss bei 290 K)	MUF	Höchste brauchbare Frequenz bei der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen infolge ionosphärischer Brechung
f	Frequenz	m	Modulationsindex
$f_c, f_k, f_{krit}, f_{oF2}$	Höchste Frequenz, bei der senkrecht in die Ionosphäre eintretende Strahlung von der gegebenen Region noch gebrochen wird	N	Windungszahl
f_E	eingestellte Empfangsfrequenz	N_P	Primärwindungszahl
f_g	Grenzfrequenz	N_S	Sekundärwindungszahl
f_{mod}	Modulationsfrequenz	N_V	Windungszahl pro Volt
$f_{mod \max}$	höchste Modulationsfrequenz	OCXO	Oven-Controlled Crystal Oscillator (Quarzoszillator mit Quarzofen)
f_{opt}	optimale Frequenz	P	Leistung
f_{OSZ}	Oszillatorfrequenz	P_R	Rauschleistung
f_S	Spiegelfrequenz	P_S	Senderleistung
f_{ZF}	Zwischenfrequenz	P_{ERP}	ERP Strahlungsleistung
f_0	Resonanzfrequenz	P_{EIRP}	EIRP Strahlungsleistung
G	Gewinnfaktor	P_V	Verlustleistung
G_d	Gewinnfaktor bezogen auf den Halbwellendipol	P_{ab}	abgegebene Leistung
G_i	Gewinnfaktor bezogen auf den isotropen Strahler	P_{zu}	zugeführte Leistung

p	Pegel der Leistung (z. B. in dBm oder dBW)
p_S	Pegel der Senderleistung (z. B. in dBm)
p_{ERP}	Pegel der ERP Strahlungsleistung (z. B. in dBm)
p_{EIRP}	Pegel der EIRP Strahlungsleistungen (z. B. in dBm)
PEP	Peak Envelope Power (Hüllkurvenspitzenleistung)
Q	Güte
R	Widerstand
R_G	Gesamtwiderstand
R_i	Innenwiderstand
R_1, R_2, R_3, R_n	Teilwiderstände
R_p	paralleler Verlustwiderstand
R_s	serieller Verlustwiderstand
r	Reflektionsfaktor
S	Stromdichte
SNR	Signal-Rauschverhältnis (z. B. in dB)
$s, SWR, SWV, VSWR$	Stehwellenverhältnis oder Welligkeit
T	Periodendauer
T_K	Temperatur in Kelvin bezogen auf den absoluten Nullpunkt T_0 ($T_0 = 0 \text{ K} = -273,15^\circ\text{C}$; d. h. $20^\circ\text{C} \approx 293 \text{ K}$)
t	Zeit
TCXO	Temperature Compensated Crystal Oscillator (Temperaturkompensierter Quarzoszillator)
U	Spannung
U_{eff}	Effektivspannung
U_G	Gesamtspannung
U_P	Primärspannung
U_R	effektive Rauschspannung an R
U_S	Sekundärspannung
U_{SS}	Spannung von Spitze zu Spitze
U_1, U_2	Teilspannungen
\hat{U}	Spitzenspannung
\hat{U}_{mod}	Amplitude der Modulationsspannung
\hat{U}_T	Amplitude der HF-Trägerspannung
u	Pegel der Spannung (z. B. in dBu)
\ddot{u}	Übersetzungsverhältnis

v_i	Wechselstromverstärkung
v_U	Wechselspannungsverstärkung
v_P	Leistungsverstärkung für Wechselstrom
VCO	Voltage-Controlled Oscillator (Spannungsgesteuerter Oszillator)
W	Arbeit/Energie
X	Blindwiderstand
X_C	kapazitiver Blindwiderstand
X_L	induktiver Blindwiderstand
XO	Crystal Oscillator (Quarzoszillator)
Z	Wellenwiderstand
Z_A	Ausgangsscheinwiderstand
Z_E	Eingangsscheinwiderstand
Z_{F0}	Feldwellenwiderstand des freien Raumes,

$$Z_{F0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi \Omega$$

Z_P	Primärer Scheinwiderstand
Z_S	Sekundärer Scheinwiderstand
ΔI	Stromänderung
ΔI_B	Basisstromänderung
ΔI_C	Kollektorstromänderung
ΔU	Spannungsänderung
ΔU_{CE}	Kollektor-Emitter-Spannungsänderung
ΔU_{BE}	Basis-Emitter-Spannungsänderung
α	Abstrahlwinkel der Antenne (Höhenwinkel)
β	Wechselstromverstärkung
ϵ_0	elektrische Feldkonstante,

$$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot c_0^2} = 0,885 \cdot 10^{-11} \frac{\text{A s}}{\text{V m}}$$

ϵ_r	relative Dielektrizitätszahl
η	Wirkungsgrad
λ	Wellenlänge
μ_0	magnetische Feldkonstante,
$\mu_0 = \frac{4\pi}{10^7} \frac{\text{V s}}{\text{A m}} = 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{\text{H}}{\text{m}}$	
μ_r	relative Permeabilität (Luft ≈ 1)
ρ	spezifischer elektrischer Widerstand
ω	Kreisfrequenz

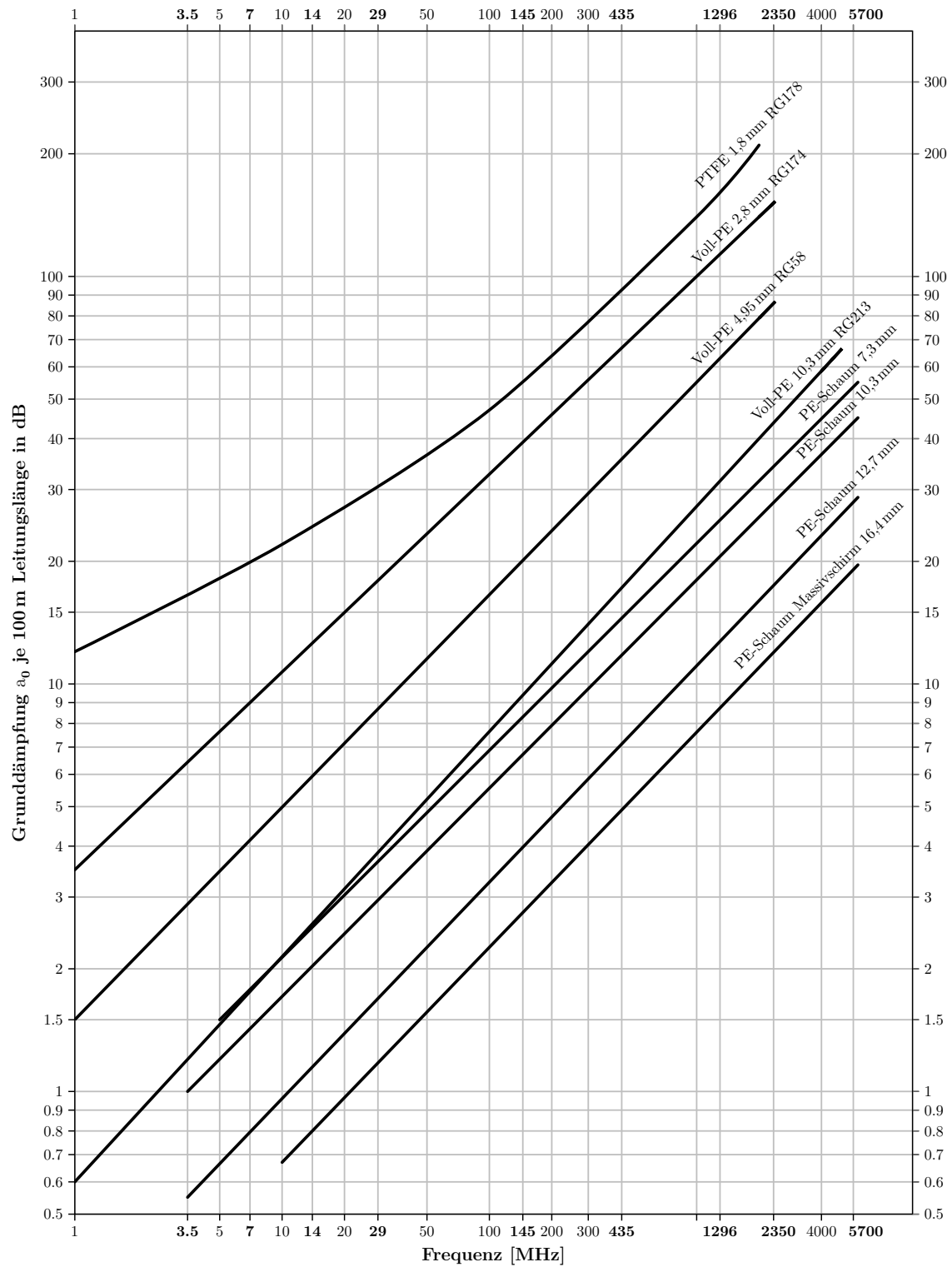
Spezifische Widerstand in $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

Material	Wert
Kupfer	0,018
Aluminium	0,028
Gold	0,022
Silber	0,016
Zink	0,11
Eisen	0,1
Messing	0,07

Relative Dielektrizitätszahl

Material	Wert
Luft (trocken)	1,00059
Voll-PE (Polyäthylen)	2,29
Schaum-PE	1,5
PTFE (Teflon)	2,0

1.3 Kabeldämpfungsdiagramm Koaxialkabel



Dämpfung gebräuchlicher Koaxleitungen in Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz
für eine Länge von 100 m