

**Potenzen, Pegel, Kennfarben**

|                   | Pegel  | Leistungs-<br>verhältnis | Spannungs-<br>verhältnis | Kenn-<br>farbe | Wert | Multi-<br>plikator | Toleranz     |
|-------------------|--------|--------------------------|--------------------------|----------------|------|--------------------|--------------|
| $10^{-3} = 0,001$ | -20 dB | 0,01                     | 0,1                      | Silber         | -    | $10^{-2}$          | $\pm 10\%$   |
| $10^{-2} = 0,01$  | -10 dB | 0,1                      | 0,32                     | Gold           | -    | $10^{-1}$          | $\pm 5\%$    |
| $10^{-1} = 0,1$   | -6 dB  | 0,25                     | 0,5                      | schwarz        | 0    | $10^0$             | -            |
| $10^0 = 1$        | -3 dB  | 0,5                      | 0,71                     | braun          | 1    | $10^1$             | $\pm 1\%$    |
| $10^1 = 10$       | -1 dB  | 0,8                      | 0,89                     | rot            | 2    | $10^2$             | $\pm 2\%$    |
| $10^2 = 100$      | 0 dB   | 1                        | 1                        | orange         | 3    | $10^3$             | -            |
| $10^3 = 1000$     | 1 dB   | 1,26                     | 1,12                     | gelb           | 4    | $10^4$             | -            |
|                   | 3 dB   | 2                        | 1,41                     | grün           | 5    | $10^5$             | $\pm 0,5\%$  |
|                   | 6 dB   | 4                        | 2                        | blau           | 6    | $10^6$             | $\pm 0,25\%$ |
|                   | 10 dB  | 10                       | 3,16                     | violett        | 7    | $10^7$             | $\pm 0,1\%$  |
|                   | 20 dB  | 100                      | 10                       | grau           | 8    | $10^8$             | -            |
|                   |        |                          |                          | weiß           | 9    | $10^9$             | -            |
|                   |        |                          |                          | keine          | -    | -                  | $\pm 20\%$   |

**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**

$$U = I \cdot R$$

**Leistung**

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

**Arbeit**

$$W = P \cdot t$$

**Widerstand von Drähten**

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A_{Dr}}$$

$$A_{Dr} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = r^2 \cdot \pi$$

**Widerstände in Reihenschaltung**

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

Bei 2 Widerständen gilt

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$U_G = U_1 + U_2$$

**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

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

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$I_G = I_1 + I_2$$

**Innenwiderstand**

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

**Effektiv- und Spitzenwerte bei sinusförmiger Wechselspannung**

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

$$U_{ss} = 2 \cdot \hat{U}$$

**Periodendauer**

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

**Kreisfrequenz**

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

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Induktiver Widerstand</b>  | $X_L = \omega \cdot L$   |  |
| <b>Induktivitäten in Reihenschaltung</b>                                    | $L_G = L_1 + L_2 + L_3 + \dots L_n$  |  |
| <b>Induktivitäten in Parallelschaltung</b>                                  | $\frac{1}{L_G} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \frac{1}{L_n}$  |  |
| <b>Induktivität der Ringspule</b><br>(auch für Zylinderspule wenn $l > D$ ) | $L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A_S}{l_m}$  |  |
| <b>Induktivität von Schalenkernspulen</b><br>(auch für mehrlagige Spulen)   | $L = N^2 \cdot A_L$  |  |
| <b>Magnetische Feldstärke in einer Ringspule</b>                            | $H = \frac{I \cdot N}{l_m}$  |  |
| <b>Magnetische Flussdichte</b>  | $B_m = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$  |  |
| <b>Transformator / Übertrager</b>   |  |  |
| <i>Übersetzungsverhältnis</i>   | $\ddot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$  |  |
| <i>Netztrafo</i>  | $P_P \approx 1,2 \cdot P_S \quad A_{Fe} \approx \sqrt{P_P} \cdot \frac{cm^2}{\sqrt{W}} \quad N_V \approx \frac{42}{A_{Fe}} \cdot \frac{cm^2}{V}$ |  |
|   | $P_P \dots \text{Primärleistung}; P_S \dots \text{Sekundärleistung}$   |  |
| <i>Belastbarkeit von Wicklungen</i>   | $I = S \cdot A_{Dr} \quad \text{mit } S \approx 2,5 A/mm^2$  |  |
| <b>Kapazitiver Widerstand</b>   | $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$   |  |
| <b>Kondensatoren in Reihenschaltung</b>                                     | $\frac{1}{C_G} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \frac{1}{C_n}$  |  |
| <b>Kondensatoren in Parallelschaltung</b>                                   | $C_G = C_1 + C_2 + C_3 + \dots C_n$  |  |
| <b>Kapazität eines Kondensators</b>   | $C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$  | $A \dots \text{Kondensatorplattenfläche}$  |
| <b>Elektrische Feldstärke</b>   | $E = \frac{U}{d}$  |  |
| <b>RC-Tiefpass / RC-Hochpass</b>  | $f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$  | $f_g \dots \text{Grenzfrequenz}$           |
| <b>RL-Tiefpass / RL-Hochpass</b>  | $f_g = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$  | $(\text{Frequenz am } -3\text{-dB-Punkt})$ |

**Schwingkreis**

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

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

**Transistor**

Für Gleichstrom gilt

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

$$I_E = I_C + I_B$$

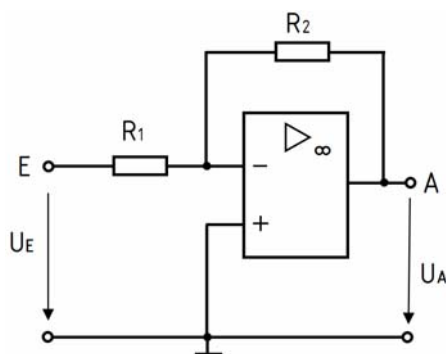
*B ... Gleichspannungs-  
verstärkung*

Für Wechselstrom gilt

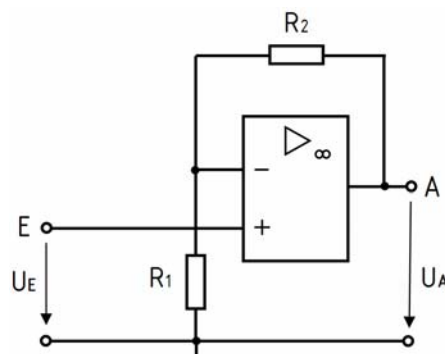
$$v_I = \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

$$v_U = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta U_{BE}}$$

$$v_P = v_U \cdot v_I$$

**Operationsverstärker***Invertierender Verstärker*

$$v_U = -\frac{U_A}{U_E} = -\frac{R_2}{R_1}$$

*Nicht-invertierender Verstärker*

$$v_U = \frac{U_A}{U_E} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

**Pegel**

$$u = 20 \cdot \lg \frac{U}{U_0}$$

$$p = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0}$$

*Relativer Pegel: Als Spannungs- oder Leistungspegel bezogen auf beliebige Werte von  $U_0$  oder  $P_0$  (z.B.  $1\mu V$ ,  $1V$ ,  $1W$ ,  $1pW$ )**Absoluter Pegel: 0 dB (dBm, dBu) liegt bei  $P_0 = 1mW$  oder der Spannung  $U_0 = 775mV$  bei einem System mit  $R_I = R_L = 600\Omega$  vor.**Der absolute Leistungspegel ist auch bei Systemen mit anderen Impedanzen gleich.***Dämpfung**

$$a = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2}$$

$$a = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2}$$

 *$U_1$  ... Eingangsspannung  
 $U_2$  ... Ausgangsspannung  
 $P_1$  ... Eingangsleistung  
 $P_2$  ... Ausgangsleistung***Verstärkung/Gewinn**

$$g = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1}$$

$$g = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}$$

**Wirkungsgrad**

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$$\eta_{\%} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\%$$

$$P_{ab} = P_{zu} - P_V$$

**Zwischenfrequenz**

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

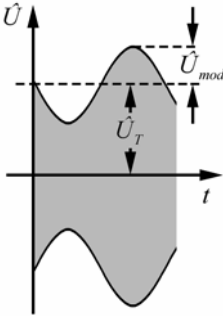
**Spiegelfrequenz**

$$f_S = f_E + 2 \cdot f_{ZF}$$

$$\text{für } f_{OSZ} > f_E$$

$$f_S = f_E - 2 \cdot f_{ZF}$$

$$\text{für } f_{OSZ} < f_E$$

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>Thermisches Rauschen</b>  | $P_R = k \cdot T_K \cdot B$ $U_R = 2 \cdot \sqrt{P_R \cdot R}$  | $\Delta p_R = 10 \cdot \lg \frac{B_1}{B_2}$  | $P_R \dots$ Rauschleistung<br>$\Delta p_R \dots$ Pegelunterschied der Rauschleistungen in $B_1$ und $B_2$            |
| <b>Signal-Rauschverhältnis</b>   | $S/N = 10 \cdot \lg \frac{P_S}{P_N} = 20 \cdot \lg \frac{U_S}{U_N}$   |  | $P_S \dots$ Signalleistung<br>$P_N \dots$ Rauschleistung<br>$U_S \dots$ Signalspannung<br>$U_N \dots$ Rauschspannung |
| <b>Rauschzahl</b>  | $F = \frac{\left( \frac{P_S}{P_N} \right)_{\text{EINGANG}}}{\left( \frac{P_S}{P_N} \right)_{\text{AUSGANG}}}$ | $a_F = 10 \cdot \lg F$ $a_F = (S/N)_{\text{EINGANG}} - (S/N)_{\text{AUSGANG}}$                                 |  |
| <b>ERP/EIRP</b>  | $p_{ERP} = p_S - a + g_d$ $p_{EIRP} = p_{ERP} + 2,15 \text{ dB}$  | $P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$ $P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2,15 \text{ dB}}{10}}$ | $g_d \dots$ Antennengewinn bezogen auf den Halbwelldipol in dB<br>$a \dots$ Verluste (Kabel, Koppler etc.)           |
| <b>Gewinnfaktor von Antennen</b>   | $G_i = G_d \cdot 1,64$ $G_i = 1,64$ $G_i = 3,28$  | $g_i = g_d + 2,15 \text{ dB}$ $g_i = 2,15 \text{ dBi}$ $g_i = 5,15 \text{ dBi}$                                | $G = 10^{\frac{g}{10}}$  |
| <i>Halbwelldipol</i>   |   |  |  |
| <i><math>\lambda/4</math>-Vertikalantenne</i>                                |   |  |  |
| <b>Feldstärke im Fernfeld einer Antenne<sup>*)</sup></b>                     | $E = \frac{\sqrt{30 \Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} = \frac{\sqrt{30 \Omega \cdot P_{EIRP}}}{d}$              |  |  |
| <sup>*)</sup> für Freiraumausbreitung ab $d > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}$ ; | $P_A \dots$ Leistung an der Antenne   |  |  |
| <b>Amplitudenmodulation</b>  |   |  |  |
| <i>Modulationsgrad</i>   | $m = \frac{\hat{U}_{mod}}{\hat{U}_T}$   |  |  |
| <i>Bandbreite</i>  | $B = 2 \cdot f_{mod \max}$  |  |  |
|  |                          |  |  |
| <b>Frequenzmodulation</b>  |   |  |  |
| <i>Modulationsindex</i>  | $m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$  |  |  |
| <i>Carson-Bandbreite</i><br>(Ungefähre FM-Bandbreite)                        | $B = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod \max})$   |  |  |
|  | $\Delta f_T \dots$ Frequenzhub  |  |  |
|  | $B$ enthält etwa 99 % der Gesamtleistung eines FM-Signals.  |  |  |
| <b>Phasengeschwindigkeit</b>   | $c = f \cdot \lambda$   |  |  |
| <b>Verkürzungsfaktor von HF-Leitungen</b>                                    | $k_v = \frac{l_G}{l_E} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{c}{c_0}$   |  |  |
|  | $l_G \dots$ geometrische Länge<br>$l_E \dots$ elektrische Länge   |  |  |

**Stehwellenverhältnis/VSWR**

$$s = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{U_v + U_r}{U_v - U_r} \quad s = \frac{1 + |r|}{1 - |r|} \quad \text{mit} \quad r = \frac{R_2 - Z}{R_2 + Z}$$

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

**Reflektionsfaktor**

$$|r| = \frac{s-1}{s+1} = \frac{U_r}{U_v} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}}$$

**Rücklaufende Leistung**

$$P_r = P_v \cdot r^2 \quad \text{mit} \quad P_r \neq P_v$$

**An  $R_2$  abgegebene Leistung**

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

**Dämpfung durch Fehlanpassung**

$$a_s = -10 \cdot \lg(1 - r^2)$$

$U_v$  ... 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**

$$Z = \frac{60\Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln \frac{D}{d}$$

$D$  ... Innendurchmesser Außenleiter  
 $d$  ... Durchmesser des Innenleiters

**Symmetrische Zweidraht-Leitungen mit  $a/d > 2,5$** 

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

$a$  ... Mittenabstand der Leiter  
 $d$  ... Durchmesser der Leiter

**Viertelwellentransformator**

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

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

**Höchste brauchbare Frequenz**

$$MUF = \frac{f_c}{\sin \alpha}$$

$$f_{opt} = MUF \cdot 0,85$$

**Empfindlichkeit von Messsystemen**

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

$E_{MESS}$  ... Empfindlichkeit in  $\Omega/V$

$U_i$  ... Spannung am System bei Vollausschlag

$I_i$  ... Strom durch das System bei Vollausschlag

**Messbereichserweiterung****Spannungsmesser**

$$R_V = \frac{U - U_M}{I_M} = \frac{U_M}{I_M} \cdot (n - 1) = R_M \cdot (n - 1)$$

$n$  ... Erweiterungsfaktor

$U$  ... neuer Spannungsmessbereich

$U_M$  ... Spannungsmessbereich des Instruments

$I$  ... neuer Strommessbereich

$I_M$  ... Strom bei Vollausschlag des Instruments

$R_V$  ... Vorwiderstand

$R_P$  ... Parallelwiderstand (Shunt)

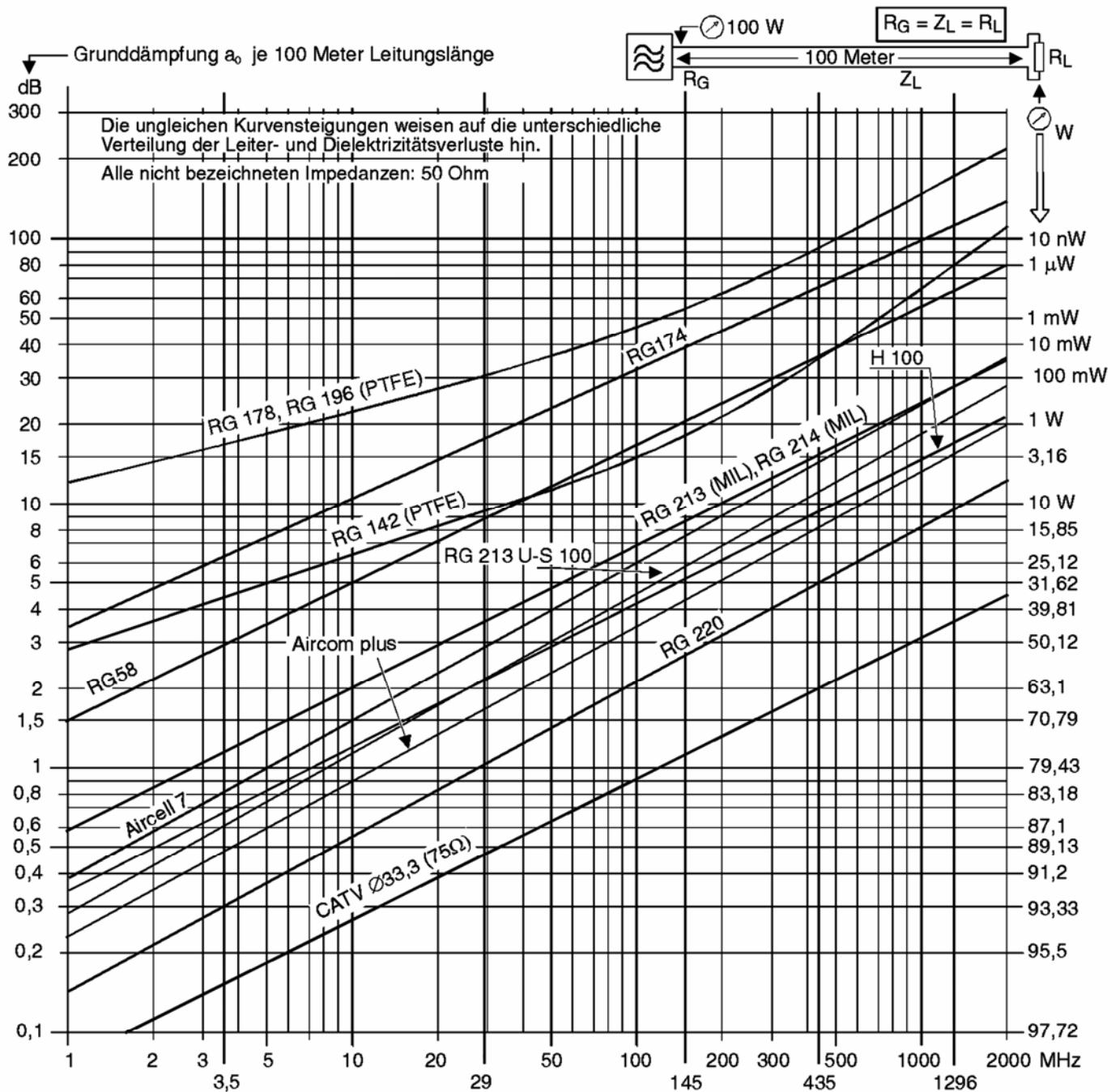
**Strommesser**

$$R_P = \frac{R_M \cdot I_M}{I - I_M} = \frac{R_M}{n - 1}$$

**Relativer maximaler Fehler**

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

$F_W$  ... relativer maximaler Fehler (in %);  $G$  ... Genauigkeitsklasse des Messinstrumentes;  
 $W_E$  ... Endwert des Messbereichs;  $W_M$  ... abgelesener Wert (Istwert)

**Kabeldämpfungsdiagramm**

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

**Formelzeichen, Konstanten und Tabellen**

Sofern bei der jeweiligen Formel nicht anders angegeben, gilt:

$A$  ... Querschnitt, Fläche

$A_{Dr}$  ... Drahtquerschnitt

$A_{Fe}$  ... Eisenkernquerschnitt

$A_L$  ... Induktivitätsfaktor in nH

$A_S$  ... Querschnittsfläche der Spule

$a$  ... Dämpfungsmaß in dB

$a_F$  ... Rauschzahl in dB gemessen mit Eingangsabschluss bei 290 K

$B, B_1, B_2$  ... Bandbreiten

$B_m$  ... magnetische Flussdichte

$C$  ... Kapazität

$C'$  ... Kapazitätsbelag (Kapazität pro Meter)

$C_G$  ... Gesamtkapazität

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

$c$  ... Phasengeschwindigkeit

$c_0$  ... Vakuumlichtgeschwindigkeit,  $c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

$d$  ... Abstand, Entfernung

$E$  ... elektrische Feldstärke

$EIRP$  ... äquivalente isotrope Strahlungsleistung

$ERP$  ... äquivalente (effektive) Strahlungsleistung

$e$  ... Eulersche Zahl,  $e=2,718...$

$F$  ... Rauschzahl (Eingangsabschluss bei 290 K)

$f$  ... Frequenz

$f_c$  ... Höchste Frequenz, bei der senkrecht in die Ionosphäre eintretende Strahlung von der gegebenen Schicht noch reflektiert wird

$f_E$  ... eingestellte Empfangsfrequenz

$f_g$  ... Grenzfrequenz

$f_{mod}$  ... Modulationsfrequenz

$f_{modmax}$  ... höchste Modulationsfrequenz

$f_{opt}$  ... optimale Frequenz

$f_{osz}$  ... Oszillatorfrequenz

$f_s$  ... Spiegelfrequenz

$f_{ZF}$  ... Zwischenfrequenz

$f_0$  ... Resonanzfrequenz

$G$  ... Gewinnfaktor

$G_d$  ... Gewinnfaktor bezogen auf den Halbwelldipol

$G_i$  ... Gewinnfaktor bezogen auf den isotropen Strahler

$g$  ... Verstärkungsmaß/Gewinn in dB

$g_d$  ... Gewinn in dB bezogen auf den Halbwelldipol

$g_i$  ... Gewinn in dB bezogen auf den isotropen Strahler

$H$  ... magnetische Feldstärke

$I$  ... Stromstärke

$I_B$  ... Basisgleichstrom

$I_C$  ... Kollektorgleichstrom

$I_E$  ... Emittorgleichstrom

$I_G$  ... Gesamtstrom

$I_P$  ... Primärstromstärke

$I_S$  ... Sekundärstromstärke

$I_1, I_2$  ... Teilströme

$k$  ... Boltzmann-Konstante,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{Ws} / \text{K}$

$k_v$  ... Verkürzungsfaktor

$L$  ... Induktivität

$L'$  ... Induktivitätsbelag (Induktivität pro Meter)

$L_G$  ... Gesamtinduktivität

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

$l$  ... Länge

$l_m$  ... mittlere Feldlinienlänge

$MUF$  ... Höchste brauchbare Frequenz bei der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen infolge ionosphärischer Brechung

$m$  ... Modulationsindex

$N$  ... Windungszahl

$N_P$  ... Primärwindungszahl

$N_S$  ... Sekundärwindungszahl

$N_V$  ... Windungszahl pro Volt

$P$  ... Leistung

$P_R$  ... Rauschleistung

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

$P_V$  ... Verlustleistung

$P_{ab}$  ... abgegebene Leistung

$P_{zu}$  ... zugeführte Leistung

$p$  ... Pegel der Leistung in dB...

$p_S, p_{ERP}, p_{EIRP}$  ... Pegel der Sender-/ Strahlungsleistungen in dBm

$Q$  ... 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 $S/N$  ... Signal-Rauschverhältnis in dB, auch als $SNR$  oder  $\frac{S+N}{N}$  bezeichnet $s$  ... 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 $U$  ... Spannung $U_{\text{eff}}$  ... 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 $\hat{U}_{\text{mod}}$  ... Amplitude der Modulationsspannung $\hat{U}_T$  ... Amplitude der HF-Trägerspannung $u$  ... Pegel der Spannung in dB... $\ddot{u}$  ... Übersetzungsverhältnis $VSWR$  ... Stehwellenverhältnis oder Welligkeit $v_I$  ... Wechselstromverstärkung $v_U$  ... Wechselspannungsverstärkung $v_P$  ... Leistungsverstärkung für Wechselstrom $W$  ... Arbeit $X_C$  ... kapazitiver Blindwiderstand $X_L$  ... induktiver Blindwiderstand $Z$  ... Wellenwiderstand $Z_A$  ... Ausgangsscheinwiderstand $Z_E$  ... Eingangsscheinwiderstand $Z_{F0}$  ... Feldwellenwiderstand des freien Raumes,

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

 $Z_P$  ... Primärer Scheinwiderstand $Z_S$  ... Sekundärer Scheinwiderstand $\Delta I$  ... Stromänderung $\Delta I_B$  ... Basisstromänderung $\Delta I_C$  ... Kollektorstromänderung $\Delta U$  ... Spannungsänderung $\Delta U_{CE}$  ... Kollektor-Emitter-Spannungsänderung $\Delta U_{BE}$  ... Basis-Emitter-Spannungsänderung $\alpha$  ... Abstrahlwinkel der Antenne $\beta$  ... Wechselstromverstärkung $\epsilon_0$  ... elektrische Feldkonstante,

$$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot c_0^2} = 0,885 \cdot 10^{-11} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

 $\epsilon_r$  ... relative Dielektrizitätszahl (siehe Tabelle 2) $\eta$  ... Wirkungsgrad $\eta\%$  ... Wirkungsgrad in Prozent $\lambda$  ... Wellenlänge $\mu_0$  ... magnetische Feldkonstante,

$$\mu_0 = \frac{4\pi}{10^7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} = 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{\text{H}}{\text{m}}$$

 $\mu_r$  ... relative Permeabilität $\rho$  ... spezifischer elektrischer Widerstand (siehe Tabelle 1) $\omega$  ... Kreisfrequenz**Tabelle 1: Spezifischer elektrischer Widerstand  $\rho$** 

| Material   | Kupfer | Aluminium | Eisen |
|--|--------|-----------|-------|
| $\rho$ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ bei $20^\circ\text{C}$ | 0,0178 | 0,030     | 0,17  |

**Tabelle 2: Relative Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$** 

| Dielektrikum / Isolierstoff | Luft (trocken) | Voll-PE (Polyäthylen) | Schaum-PE | PTFE (Teflon) |
|-----------------------------|----------------|-----------------------|-----------|---------------|
| $\epsilon_r$                | 1,00059        | 2,29                  | 1,5       | 2,0           |