

**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**

|   |      |            |
|---|------|------------|
| p | Pico | $10^{-12}$ |
| n | Nano | $10^{-9}$  |

|       |       |           |
|-------|-------|-----------|
| $\mu$ | Mikro | $10^{-6}$ |
| m     | Milli | $10^{-3}$ |

|   |      |        |
|---|------|--------|
|   |      | $10^0$ |
| k | Kilo | $10^3$ |

|   |      |        |
|---|------|--------|
| M | Mega | $10^6$ |
| G | Giga | $10^9$ |

**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**

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

**Induktiver Widerstand**

$$X_L = \omega \cdot L$$

**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**(auch für Zylinderspule wenn  $l > D$ )

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

**Induktivität von Schalenkernspulen**

(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*

$$\frac{U}{I} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

*Netztrafo*

$$P_P \approx 1,2 \cdot P_S \quad A_{Fe} \approx \sqrt{P_P} \cdot \frac{cm^2}{\sqrt{W}} \quad N_V \approx \frac{42}{A_{Fe}} \cdot \frac{cm^2}{V}$$

 $P_P$  ... Primärleistung;  $P_S$  ... Sekundärleistung*Belastbarkeit von Wicklungen*

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

**Kapazitiver Widerstand**

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

**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**

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

**Kapazität eines Kondensators**

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

 $A$  ... Kondensatorplattenfläche**Elektrische Feldstärke**

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

**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**

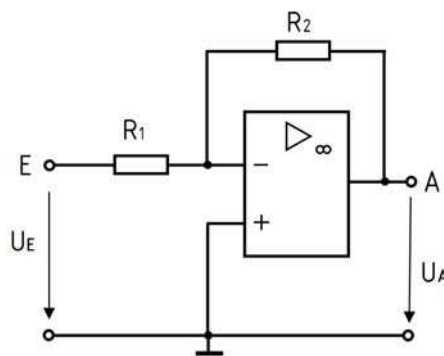
$$f_g = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$$

**Schwingkreis**  $f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$   $Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_p}{X_L} = \frac{X_L}{R_s}$

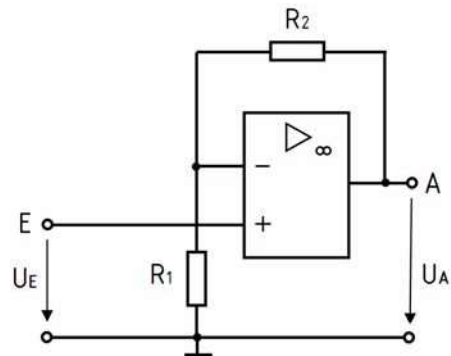
**Transistor**

Für Gleichstrom gilt  $B = \frac{I_C}{I_B}$   $I_E = I_C + I_B$   $B \dots$  Gleichspannungsverstärkung

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**

$$u = 20 \cdot \lg \frac{U}{U_0} \quad p = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0}$$

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.

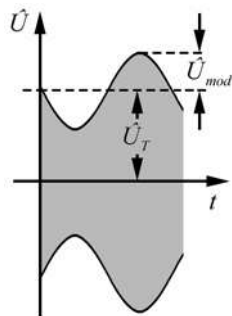
**Dämpfung**  $a = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2}$   $a = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2}$   $U_1 \dots$  Eingangsspannung  
 $U_2 \dots$  Ausgangsspannung  
 $P_1 \dots$  Eingangsleistung  
 $P_2 \dots$  Ausgangsleistung

**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**  $f_S = f_E + 2 \cdot f_{ZF}$  für  $f_{OSZ} > f_E$   
 $f_S = f_E - 2 \cdot f_{ZF}$  für  $f_{OSZ} < f_E$

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| <b>Thermisches Rauschen</b>  | $P_R = k \cdot T_K \cdot B$<br>$U_R = 2 \cdot \sqrt{P_R \cdot R}$                                | $\Delta p_R = 10 \cdot \lg \frac{B_1}{B_2}$   | $P_R \dots$ 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>  | $F = \frac{\left(\frac{P_S}{P_N}\right)_{EINGANG}}{\left(\frac{P_S}{P_N}\right)_{AUSGANG}}$      | $a_F = 10 \cdot \lg F$<br>$a_F = (S/N)_{EINGANG} - (S/N)_{AUSGANG}$   |  |
| <b>ERP/EIRP</b>  | $p_{ERP} = p_S - a + g_d$<br>$p_{EIRP} = p_{ERP} + 2,15 \text{ dB}$                              | $P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$<br>$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2,15 \text{ dB}}{10}}$ | $g_d \dots$ Antennengewinn bezogen auf den Halbwelldipol in dB<br>$a \dots$ Verluste (Kabel, Koppler etc.)           |
| <b>Gewinnfaktor von Antennen</b>   | $G_i = G_d \cdot 1,64$<br>$G_i = 1,64$<br>$G_i = 3,28$   | $g_i = g_d + 2,15 \text{ dB}$<br>$g_i = 2,15 \text{ dBi}$<br>$g_i = 5,15 \text{ dBi}$                             | $G = 10^{\frac{g}{10}}$  |
| <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>  | $m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$   | $\Delta f_T \dots$ Frequenzhub  |  |
| <i>Carson-Bandbreite</i><br>(Ungefähre FM-Bandbreite)  | $B = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod \max})$  | $B$ 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**

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

$U_v$  ... 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 Vollauschlag

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

**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)

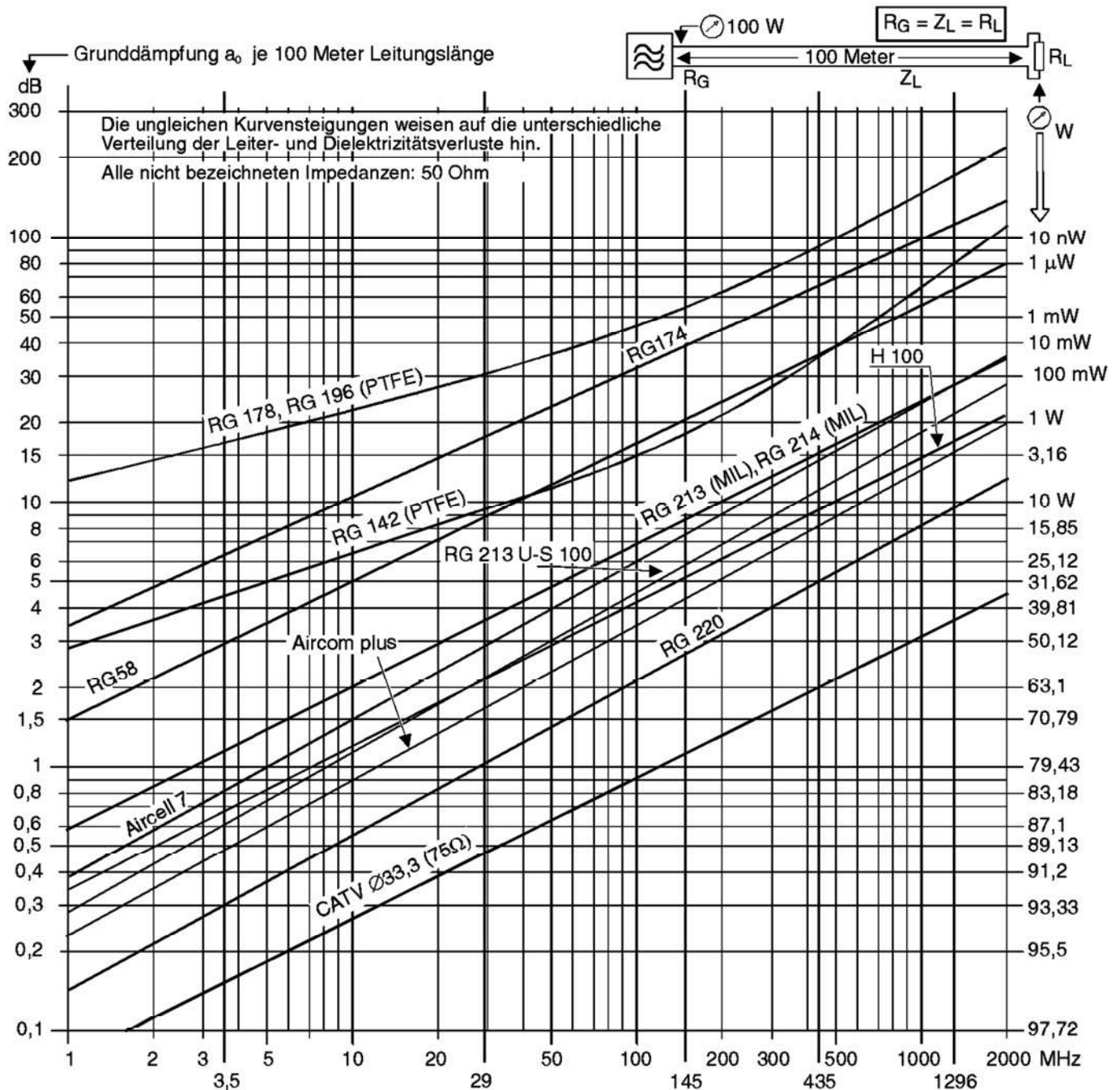
**Strommesser**

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

**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<sub>Dr</sub>* ... Drahtquerschnitt  
*A<sub>Fe</sub>* ... Eisenkernquerschnitt  
*A<sub>L</sub>* ... Induktivitätsfaktor in nH  
*A<sub>S</sub>* ... Querschnittsfläche der Spule  
  
*a* ... Dämpfungsmaß in dB  
*a<sub>F</sub>* ... Rauschzahl in dB gemessen mit Eingangsabschluss bei 290 K  
  
*B*, *B<sub>1</sub>*, *B<sub>2</sub>* ... Bandbreiten  
*B<sub>m</sub>* ... magnetische Flussdichte  
  
*C* ... Kapazität  
*C'* ... Kapazitätsbelag (Kapazität pro Meter)  
*C<sub>G</sub>* ... Gesamtkapazität  
*C<sub>1</sub>*, *C<sub>2</sub>*, *C<sub>3</sub>*, *C<sub>n</sub>* ... Teilkapazitäten  
  
*c* ... Phasengeschwindigkeit  
*c<sub>0</sub>* ... 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<sub>c</sub>* ... Höchste Frequenz, bei der senkrecht in die Ionosphäre eintretende Strahlung von der gegebenen Schicht noch reflektiert wird  
*f<sub>E</sub>* ... eingestellte Empfangsfrequenz  
*f<sub>g</sub>* ... Grenzfrequenz  
*f<sub>mod</sub>* ... Modulationsfrequenz  
*f<sub>modmax</sub>* ... höchste Modulationsfrequenz  
*f<sub>opt</sub>* ... optimale Frequenz  
*f<sub>OSZ</sub>* ... Oszillatorfrequenz  
*f<sub>S</sub>* ... Spiegelfrequenz  
*f<sub>ZF</sub>* ... Zwischenfrequenz  
*f<sub>0</sub>* ... Resonanzfrequenz  
  
*G* ... Gewinnfaktor  
*G<sub>d</sub>* ... Gewinnfaktor bezogen auf den Halbwellendipol  
*G<sub>i</sub>* ... Gewinnfaktor bezogen auf den isotropen Strahler

*g* ... Verstärkungsmaß/Gewinn in dB  
*g<sub>d</sub>* ... Gewinn in dB bezogen auf den Halbwellendipol  
*g<sub>i</sub>* ... Gewinn in dB bezogen auf den isotropen Strahler  
  
*H* ... magnetische Feldstärke  
  
*I* ... Stromstärke  
*I<sub>B</sub>* ... Basisgleichstrom  
*I<sub>C</sub>* ... Kollektorgleichstrom  
*I<sub>E</sub>* ... Emittorgleichstrom  
*I<sub>G</sub>* ... Gesamtstrom  
*I<sub>P</sub>* ... Primärstromstärke  
*I<sub>S</sub>* ... Sekundärstromstärke  
*I<sub>1</sub>*, *I<sub>2</sub>* ... Teilströme  
  
*k* ... Boltzmann-Konstante,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{Ws} / \text{K}$   
*k<sub>v</sub>* ... Verkürzungsfaktor  
  
*L* ... Induktivität  
*L'* ... Induktivitätsbelag (Induktivität pro Meter)  
*L<sub>G</sub>* ... Gesamtinduktivität  
*L<sub>1</sub>*, *L<sub>2</sub>*, *L<sub>3</sub>*, *L<sub>n</sub>* ... Teilinduktivitäten  
  
*l* ... Länge  
*l<sub>m</sub>* ... mittlere Feldlinienlänge  
  
*MUF* ... Höchste brauchbare Frequenz bei der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen infolge ionosphärischer Brechung  
  
*m* ... Modulationsindex  
  
*N* ... Windungszahl  
*N<sub>P</sub>* ... Primärwindungszahl  
*N<sub>S</sub>* ... Sekundärwindungszahl  
*N<sub>V</sub>* ... Windungszahl pro Volt  
  
*P* ... Leistung  
*P<sub>R</sub>* ... Rauschleistung  
*P<sub>S</sub>*, *P<sub>ERP</sub>*, *P<sub>EIRP</sub>* ... Sender-/ Strahlungsleistungen  
*P<sub>V</sub>* ... Verlustleistung  
*P<sub>ab</sub>* ... abgegebene Leistung  
*P<sub>zu</sub>* ... zugeführte Leistung  
  
*p* ... Pegel der Leistung in dB...  
*p<sub>S</sub>*, *p<sub>ERP</sub>*, *p<sub>EIRP</sub>* ... Pegel der Sender-/ Strahlungsleistungen in dBm  
  
*Q* ... Güte  
  
*R* ... Widerstand  
*R<sub>G</sub>* ... Gesamtwiderstand  
*R<sub>i</sub>* ... Innenwiderstand  
*R<sub>1</sub>*, *R<sub>2</sub>*, *R<sub>3</sub>*, *R<sub>n</sub>* ... 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 /<br>Isolierstoff | Luft<br>(trocken) | Voll-PE<br>(Polyäthylen) | Schaum-PE | PTFE<br>(Teflon) |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------|-----------|------------------|
| $\epsilon_r$                   | 1,00059           | 2,29                     | 1,5       | 2,0              |