

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Frequenzbereiche.....	1
1.2 Elektromagnetische Grundgrößen.....	2
1.3 Antennen und Strahlungsfelder im Überblick.....	4
<b>2 Mathematische Grundlagen</b> .....	7
2.1 Vektorrechnung.....	7
2.1.1 Skalarprodukt.....	8
2.1.2 Vektorprodukt.....	9
2.1.3 Spatprodukt.....	10
2.2 Vektoranalysis.....	12
2.2.1 Differentiation von skalaren Feldern.....	12
2.2.2 Differentiation von Vektorfeldern.....	15
2.2.3 Rechnen mit dem Nabla-Operator.....	19
2.2.4 Integralsätze der Vektoranalysis.....	22
2.2.5 Helmholtzsches Theorem.....	25
2.3 Koordinatensysteme.....	26
<b>3 Grundlagen der Elektrodynamik</b> .....	28
3.1 Energieerhaltungssatz.....	28
3.1.1 Darstellung im Zeitbereich.....	28
3.1.2 Darstellung im Frequenzbereich.....	30
3.2 Maxwellsche Gleichungen.....	31
3.2.1 Grundgleichungen.....	31
3.2.2 Einteilung der elektromagnetischen Felder.....	33
3.2.3 Prinzip von der Ladungserhaltung.....	34
3.2.4 Quellen der Vektorfelder.....	36
3.3 Wellengleichung.....	38
3.4 Helmholtz-Gleichung.....	39
3.5 Wellenausbreitung in anisotropen Medien.....	41
3.6 Rand- und Stetigkeitsbedingungen.....	42
3.7 Relativitätsprinzip.....	44
3.7.1 Lorentz-Transformation.....	45
3.7.2 Feld einer gleichförmig bewegten Ladung.....	49
3.8 Strahlung beschleunigter Elektronen.....	51
3.8.1 Strahlungsleistung.....	53
3.8.2 Linear beschleunigte Punktladung.....	54
3.8.3 Kreisförmig beschleunigte Punktladung.....	55
<b>4 Ebene Wellen</b> .....	56
4.1 Ebene Wellen im Dielektrikum.....	56
4.1.1 Lösung der Helmholtz-Gleichung.....	56
4.1.2 Geschwindigkeitsdefinitionen.....	60
4.2 Ebene Wellen im Leiter.....	65

4.3 Ebene Wellen im Supraleiter .....	70
4.3.1 Londonsche Gleichungen .....	71
4.3.2 Telegraf- und Helmholtz-Gleichung .....	72
4.4 Leistungstransport .....	76
<b>5 Ausbreitungseffekte .....</b>	<b>78</b>
5.1 Polarisierung .....	78
5.2 Senkrechter Einfall auf eine ebene Trennfläche .....	82
5.2.1 Reflexions- und Durchlassfaktoren .....	83
5.2.2 Stehende Wellen .....	86
5.2.3 Leistungstransport .....	89
5.2.4 Strahlungsdruck .....	90
5.3 Radarreflexion an bewegten Objekten .....	91
5.3.1 Gleichförmig bewegter ebener Metallspiegel .....	91
5.3.2 Longitudinaler Doppler-Effekt .....	93
5.4 Schiefer Einfall auf eine ebene Trennfläche .....	96
5.4.1 Brechungsgesetz .....	96
5.4.2 Fresnelsche Formeln .....	100
5.4.3 Totaltransmission .....	104
5.4.4 Totalreflexion .....	110
5.5 Ebenes Drei- und Vierschichtenproblem .....	113
5.6 Beugung an einer metallischen Schirmkante .....	116
<b>6 Wellenleiter .....</b>	<b>118</b>
6.1 Schwingungsformen in Hohlleitern .....	119
6.2 Rechteckhohlleiter .....	123
6.2.1 Eigenwellen .....	123
6.2.2 Hohlleiterschaltungen und Orthogonalentwicklung .....	132
6.3 Rundhohlleiter .....	137
6.3.1 Eigenwellen .....	137
6.3.2 Feldbilder .....	142
6.4 Besondere Hohlleitertypen .....	143
6.5 Hohlraumresonatoren .....	146
6.6 Koaxialleitung .....	147
6.6.1 Grundwelle .....	147
6.6.2 Oberwellen .....	149
<b>7 Grundbegriffe der Antennentechnik .....</b>	<b>152</b>
7.1 Isotroper Kugelstrahler .....	152
7.2 Hertzscher Dipol .....	152
7.3 Kenngrößen von Antennen .....	154
7.3.1 Richtdiagramm .....	154
7.3.2 Richtfaktor und Gewinn .....	159
7.3.3 Äquivalenter Raumwinkel .....	161
7.3.4 Antennenwirkfläche .....	163
7.3.5 Polarisierung .....	167
<b>8 Grundbegriffe von Strahlungsfeldern .....</b>	<b>169</b>
8.1 Grundgleichungen .....	169

8.2 Potentiallösung der Feldgleichungen .....	171
8.2.1 Magnetisches Vektorpotential .....	172
8.2.2 Elektrisches Vektorpotential.....	178
8.2.3 Darstellung der Feldstärken.....	179
8.3 Fernfeldnäherungen .....	182
8.3.1 Fresnel-Näherung .....	184
8.3.2 Fraunhofer-Näherung .....	185
8.3.3 Fernfeldabstand und Antennengewinn.....	188
8.3.4 Fernfelder und Fourier-Transformation.....	190
8.4 Ausstrahlungsbedingung.....	193
8.5 Kantenbedingung .....	194
8.6 Huygenssches Prinzip .....	196
8.6.1 Vektorielle Formulierung .....	196
8.6.2 Skalare Formulierung .....	199
8.7 Kopolarisation und Kreuzpolarisation .....	204
<b>9 Elementardipole und Rahmenantennen .....</b>	<b>207</b>
9.1 Elektrischer Elementarstrahler .....	207
9.1.1 Strahlungsfelder.....	208
9.1.2 Wellengeschwindigkeiten und Nahfeldablösung.....	214
9.2 Magnetischer Elementarstrahler .....	218
9.3 Kreisförmige Rahmenantenne beliebigen Umfangs .....	220
9.3.1 Vektorpotential eines kreisförmigen Ringstroms.....	221
9.3.2 Kreisförmige Rahmenantenne mit Umfang $U = n \lambda_0$ .....	224
9.3.3 Erweiterung auf beliebigen Umfang .....	226
<b>10 Lineare Antennen .....</b>	<b>232</b>
10.1 Zylinderantenne .....	233
10.2 Dünne Linearantenne .....	234
10.2.1 Strahlungsfelder.....	234
10.2.2 Wanderwellenantenne (Langdrahtantenne) .....	243
10.2.3 Strahlungswiderstand.....	246
10.2.4 Verkürzungsfaktor .....	253
10.2.5 Antennengewinn .....	256
<b>11 Gruppenantennen.....</b>	<b>259</b>
11.1 Gruppenfaktor bei räumlicher Anordnung .....	261
11.2 Lineare Gruppen .....	262
11.2.1 Gruppencharakteristik .....	262
11.2.2 Querstrahler .....	267
11.2.3 Längsstrahler .....	269
11.2.4 Direktivität linearer Gruppen.....	273
11.2.5 Kreuzdipol.....	276
11.2.6 Yagi-Uda-Antenne.....	277
11.2.7 Phasengesteuerte Gruppenantennen .....	279
11.2.8 Inhomogene Amplitudenbelegung .....	281
11.2.9 Verdünnte Gruppen .....	285
11.3 Ebene Gruppen .....	288

11.4 Antennen über Erde .....	289
11.5 Strahlungskopplung in ebenen Dipolgruppen .....	296
<b>12 Breitbandantennen</b> .....	298
12.1 Doppelkonusantenne .....	298
12.1.1 Unendlich lange symmetrische Doppelkonusleitung .....	299
12.1.2 Symmetrische Doppelkonusantenne endlicher Länge.....	301
12.1.3 Näherungslösung bei kleinem Reflexionsfaktor .....	307
12.1.4 Doppelkonusantenne mit optimiertem Gewinn.....	312
12.2 Logarithmisch-periodische Antenne .....	314
12.3 Spiral- und Fraktalantennen .....	317
<b>13 Aperturstrahler I (Hohlleiterantennen)</b> .....	318
13.1 Prinzipien der Aperturstrahler.....	318
13.2 Ebene Apertur im freien Raum .....	320
13.3 Ebene Apertur mit unendlichem ebenem Schirm.....	326
13.3.1 Hohlleiterstrahler .....	327
13.3.2 Direktivität und Flächenwirkungsgrad.....	332
<b>14 Aperturstrahler II (Hornantennen)</b> .....	334
14.1 Bauformen .....	334
14.2 Sektorhorn.....	334
14.3 Pyramidenhorn.....	338
14.4 Kegelhorn .....	344
<b>15 Aperturstrahler III (Linsenantennen)</b> .....	345
15.1 Konvexe Verzögerungslinse .....	345
15.2 Konkave Beschleunigungslinse.....	348
<b>16 Aperturstrahler IV (Reflektorantennen)</b> .....	349
16.1 Bauformen .....	349
16.2 Mehrspiegelantennen .....	352
16.3 Design einer Cassegrain-Antenne .....	353
16.4 Gewinn von Reflektorantennen.....	357
16.5 Fehler der Oberflächenkontur .....	358
16.6 Amplitudenbelegung einer kreisförmigen Apertur.....	362
<b>17 Spezielle Antennenformen</b> .....	365
17.1 Streifenleitungsantenne .....	365
17.1.1 Grundlegendes Design.....	365
17.1.2 Strahlungsfelder.....	368
17.1.3 Gruppenantennen in Streifenleitungstechnik .....	372
17.2 Schlitzantenne .....	374
17.3 Wendel- oder Helixantenne .....	378
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	381
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	386

## Formelzeichen und Abkürzungen

### Allgemeines

$\underline{A}$	komplexe Amplitude
$\text{Im}\{\underline{A}\}$	Imaginärteil
$\text{Re}\{\underline{A}\}$	Realteil
$\mathbf{A}$	Vektor
$ \mathbf{A}  = A$	Betrag eines Vektors
$A_i$	Vektorkomponente
$A_n$	normale Komponente
$A_t$	tangentiale Komponente
$A_{  }$	parallele Komponente
$A_{\perp}$	senkrechte Komponente
$\underline{\underline{A}}$	komplexer Vektor
$\underline{\underline{A}}^*$	konjugiert komplexer Vektor
$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$	Skalarprodukt
$\mathbf{A} \times \mathbf{B}$	Vektorprodukt
$[\mathbf{A}]$	Matrix
$[\mathbf{A}]^{-1}$	inverse Matrix
$\varepsilon_{ij}$	Tensor
$d\Phi$	totales Differential
div	Divergenz
grad	Gradient
rot	Rotation
$\nabla$	Nabla-Operator
$\Delta_t$	transversaler Laplace-Operator
$\Delta, \nabla^2$	Laplace-Operator
$\square^2$	d'Alembert-Operator
$\langle S \rangle$	Mittelwert
$\parallel$	parallel
$\perp$	senkrecht
$\infty$	unendlich
lim	Limes (Grenzwert)
$\sphericalangle$	Winkel
$\oint, \oiint$	Kontur- und Hüllintegrale

### Vektoren

$\underline{\underline{A}}$	magnetisches Vektorpotential, A
$\mathbf{B}$	magnet. Flussdichte, $T = \text{Vs/m}^2$
$\mathbf{D}$	elektrische Flussdichte, $\text{As/m}^2$
$d\mathbf{A}$	Flächenelement, $\text{m}^2$
$d\mathbf{r}, ds$	Wegelement, m
$\mathbf{E}$	elektrische Feldstärke, $\text{V/m}$

$\underline{\underline{E}}_A$	elektrische Aperturfeldstärke, $\text{V/m}$
$\mathbf{e}_i$	Einheitsvektor
$\mathbf{F}$	Kraft, N
$\underline{\underline{F}}$	elektrisches Vektorpotential, V
$\mathbf{H}$	magnetische Feldstärke, A/m
$\underline{\underline{H}}_A$	magnetische Aperturfeldstärke, $\text{A/m}$
$\mathbf{J}$	elektrische Stromdichte, $\text{A/m}^2$
$\mathbf{J}_E$	eingeprägte Stromdichte, $\text{A/m}^2$
$\mathbf{J}_F$	elektr. Flächenstromdichte, $\text{A/m}$
$\mathbf{J}_K$	Konvektionsstromdichte, $\text{A/m}^2$
$\mathbf{J}_L$	Leitungsstromdichte, $\text{A/m}^2$
$\mathbf{J}_n$	normalleitende Stromdichte, $\text{A/m}^2$
$\mathbf{J}_s$	Suprastromdichte, $\text{A/m}^2$
$\mathbf{M}$	magnetische Stromdichte, $\text{V/m}^2$
$\mathbf{M}_F$	magnet. Flächenstromdichte, $\text{V/m}$
$\mathbf{n}$	normaler Einheitsvektor
$\underline{\underline{P}}$	E-Feld-Aperturintegral, $\text{Vm}$
$\underline{\underline{p}}$	Dipolmoment, $\text{Cm}$
$\underline{\underline{p}}$	Impuls, $\text{Ns}$
$\underline{\underline{p}}_V$	Impulsdichte, $\text{Ns/m}^3$
$\underline{\underline{Q}}$	H-Feld-Aperturintegral, $\text{Am}$
$\underline{\underline{R}}$	Abstandsvektor, m
$\mathbf{r}$	Ortsvektor zum Beobachter, m
$\mathbf{r}'$	Ortsvektor zum Quellpunkt, m
$\underline{\underline{S}}$	komplexer Poyntingvektor, $\text{W/m}^2$
$\underline{\underline{S}}_R$	reeller Poynting-Vektor, $\text{W/m}^2$
$\mathbf{t}$	tangentialer Einheitsvektor
$\mathbf{v}$	Geschwindigkeit, $\text{m/s}$
$\dot{\mathbf{v}}$	Beschleunigung, $\text{m/s}^2$

### Lateinische Buchstaben

$A$	Aperturabmessung, m
$A_W$	Wirkfläche, $\text{m}^2$
$A_{\text{geo}}$	geometrische Aperturfläche, $\text{m}^2$
$a$	Längenabmessung, m
$a_N$	Nebenkeulendämpfung, dB
$\underline{a}_n$	Wellenamplitude
$B$	Aperturabmessung, m
$B$	Bandbreite $f_o/f_u$
$B_E$	Eingangssuszeptanz, S
$B_r$	relative Bandbreite $(f_o - f_u)/f_m$

$B_s$	Strukturbandbreite (LPDA)	$f_o$	obere Frequenzbandgrenze, Hz
$b$	Längenabmessung, m	$f_R$	Resonanzfrequenz, Hz
$b_i, b_n$	Wellenamplituden	$f_s$	Sendefrequenz, Hz
$C$	Kapazität, F	$f_u$	untere Frequenzbandgrenze, Hz
$C = \ln \gamma$	Eulersche Konstante	$G$	Gewinn über Kugelstrahler
$C(\vartheta, \varphi)$	Richtcharakteristik	$G$	elektrischer Leitwert, S
$C_E$	Elementcharakteristik	$G_D$	Gewinn über Halbwellendipol
$C_{Gr}$	Gruppencharakteristik	$G_E$	Eingangsleitwert, S
$C_{Gr}^H(\varphi)$	Horizontalschnitt von $C_{Gr}$	$G_H$	Gewinn über Hertzschen Dipol
$C_H(\varphi)$	horizontales Richtdiagramm	$G_S$	Strahlungsleitwert, S
$C_V(\vartheta)$	vertikales Richtdiagramm	$\underline{G}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$	Greensche Funktion, 1/m
$C_{co}$	kopolare Richtcharakteristik	$g$	Ganghöhe bei Wendelantennen, m
$C_{xp}$	kreuzpolare Richtcharakteristik	$g$	logarithmierter Gewinn in dBi
$C(x)$	Fresnelsches Integral	$g_d$	logarithmierter Gewinn in dBd
$Ci(x)$	Integralkosinus	$g(y)$	Separationsfunktion
$c$	Lichtgeschwindigkeit, m/s	$H, h_E$	Höhe über Erde, m
$c_0$	Vakuumllichtgeschwindigkeit, m/s	$\hat{H}_n^{(2)}(x)$	Riccati-Hankelfunktion
$D$	Durchmesser einer Apertur, m	$h$	Längenabmessung, m
$D$	Richtfaktor (Direktivität)	$h$	Substratdicke, m
$D(\vartheta, \varphi)$	richtungsabhängige Direktivität	$h$	Plancksche Konstante, Js
$D_E$	Richtfaktor eines E-Sektorhorns	$\hbar$	$h/(2\pi) \approx 1,05457 \cdot 10^{-34}$ Js
$D_H$	Richtfaktor eines H-Sektorhorns	$\Delta h$	elektrische Verlängerung, m
$D_K$	Richtfaktor eines Kegelhorns	$I, i$	elektrischer Strom, A
$D_P$	Richtfaktor eines Pyramidenhorns	$\hat{I}$	Maximalstrom, A
$D_R$	Richtfaktor eines Rechteckhohlleiters	$\underline{I}_0$	Speisestrom, A
$d$	Innendurchmesser, m	$J_m(x)$	Besselfunktion
$d$	Drahtdicke, m	$J_m(x)$	Ableitung nach dem Argument
$\underline{d}$	Durchlassfaktor	$\hat{J}_{\mu_i}(x)$	Riccati-Besselfunktion
$dV$	Volumenelement, m <sup>3</sup>	$j$	imaginäre Einheit = $\sqrt{-1}$
$\hat{E}$	reelle Amplitude, V/m	$j_{mn}$	n-te Nullstelle von $J_m$
$\underline{E}_0$	komplexe Amplitude, V/m	$j_{mn}$	n-te Nullstelle von $J_m$
$\underline{E}_{co}$	kopolare Feldstärke, V/m	$K$	Eigenwert im Rundhohlleiter, 1/m
$E_d$	Durchbruchfeldstärke, V/m	$K_{E,H}$	Korrekturfaktoren im Sektorhorn
$\underline{E}_{xp}$	kreuzpolare Feldstärke, V/m	$k$	Wellenzahl in Materie, 1/m
$e$	elektrische Elementarladung, C	$k_0$	Wellenzahl im Vakuum, 1/m
$e$	lineare Exzentrizität	$k_c$	Grenzwellenzahl im Hohlleiter, 1/m
$F$	Brennweite, m	$k_x, k_y$	Eigenwerte im Rechteckhohlleiter, 1/m
$\underline{F}(x)$	Fresnelsches Integral	$\underline{k}_z$	Ausbreitungskonstante, 1/m
$F_{eff}$	effektive Brennweite, m	$L$	Induktivität, H
$\underline{F}_{Gr}$	Gruppenfaktor	$L, l$	Längenabmessung, m
$f$	Frequenz, Hz	$\Delta L$	elektrische Verlängerung, m
$f(x)$	Separationsfunktion	$l_m$	mechanische Dipollänge, m
$f_{1,2}$	Brennweiten, m	$M$	Anzahl der Gruppenelemente
$f_c$	Grenzfrequenz im Hohlleiter, Hz	$M$	Vergrößerung $F_{eff}/F$
$f_e$	Empfangsfrequenz, Hz	$m$	Masse, kg
$f_m$	Frequenzbandmitte $(f_o + f_u)/2$ , Hz		

$m$	Modenindex	$\underline{U}_0$	Speisespannung, V
$N$	Anzahl der Gruppenelemente	$u$	elektrische Spannung, V
$N$	Windungsanzahl	$u_m$	magnetische Spannung, A
$N$	Normierungsfaktor	$V$	Verkürzungsfaktor
$N_m(x)$	Neumannfunktion	$v$	Geschwindigkeit, m/s
$N'_m(x)$	Ableitung nach dem Argument	$v_E$	Energiegeschwindigkeit, m/s
$n$	Modenindex	$v_F$	Frontgeschwindigkeit, m/s
$n$	Brechungsindex	$v_g$	Gruppengeschwindigkeit, m/s
$P$	Beobachterpunkt	$v_p$	Phasengeschwindigkeit, m/s
$P$	Wirkleistung, W	$W$	Patchbreite, m
$P_E$	Eingangsleistung, W	$w$	Gesamtenergiedichte, J/m <sup>3</sup>
$P_S$	Strahlungsleistung, W	$w_e$	elektrische Energiedichte, J/m <sup>3</sup>
$P_V$	Verlustleistung, W	$w_m$	magnetische Energiedichte, J/m <sup>3</sup>
$P_n(x)$	Legendre-Polynom	$X$	Reaktanz, $\Omega$
$P_{\mu_i}(x)$	Kugelfunktion erster Art	$X_E$	Eingangsreaktanz, $\Omega$
$p$	Modenindex	$X_S$	Strahlungsreaktanz, $\Omega$
$p_s$	Strahlungsdruck, Pa	$X_{nm}$	Kopplungsreaktanz, $\Omega$
$Q$	Blindleistung, VA	$x, y, z$	kartesische Koordinaten, m
$Q(\rho)$	Aperturbelegung	$x_s$	Speisepunkt, m
$Q, q$	elektrische Ladungsmenge, C	$\underline{Y}$	Admittanz, S
$Q_{\mu_i}(x)$	Kugelfunktion zweiter Art	$\underline{Y}_A$	Abschlussadmittanz, S
$q$	Flächenwirkungsgrad	$\underline{Y}_A$	Aperturadmittanz, S
$q_m$	magnetische Ladungsmenge, Vs	$\underline{Y}_E$	Eingangsadmittanz, S
$R$	Abstand, m	$y_s$	Speisepunkt, m
$R$	elektrischer Widerstand, $\Omega$	$\underline{Z}$	Impedanz, $\Omega$
$R$	Krümmungsradius, m	$\underline{Z}_A$	Abschlussimpedanz, $\Omega$
$R_0$	Gleichstromwiderstand, $\Omega$	$\underline{Z}_A$	Aperturimpedanz, $\Omega$
$R_E$	Eingangswiderstand, $\Omega$	$\underline{Z}_E$	Eingangsimpedanz, $\Omega$
$R_S$	Strahlungswiderstand, $\Omega$	$\underline{Z}_F$	Feldwellenimpedanz, $\Omega$
$R_V$	Verlustwiderstand, $\Omega$	$\underline{Z}_L$	Leitungswellenimpedanz, $\Omega$
$R_{nm}$	Kopplungswiderstand, $\Omega$	$\underline{Z}_S$	Strahlungsimpedanz, $\Omega$
$r$	Radius, m	$\underline{Z}_{nm}$	Kopplungsimpedanz, $\Omega$
$\underline{r}$	Reflexionsfaktor	$\underline{Z}_0$	Feldwellenwiderstand des freien Raums, $\Omega$
$\underline{r}_A$	Ausgangsreflexionsfaktor		
$\underline{r}_E$	Eingangsreflexionsfaktor		
$r_g$	Grenzradius, m		
$S$	Inertialsystem		
$S$	Strahlungsdichte, W/m <sup>2</sup>		
$S(x)$	Fresnelsches Integral		
$Si(x)$	Integralsinus		
$s$	Schlankheitsgrad		
$si(x)$	si-Funktion		
$T$	absolute Temperatur, K		
$T_C$	Sprungtemperatur, K		
$t$	Zeitvariable, s		
$t_r$	retardierte Zeitvariable, s		
$U$	Umfang, m		

### Griechische Buchstaben

$\alpha$	Dämpfungskonstante, 1/m
$\alpha$	Hornöffnungswinkel
$\alpha$	Steigungswinkel (LPDA)
$\beta$	Phasenkonstante, 1/m
$\beta$	normierte Geschwindigkeit $v/c_0$
$\beta$	zeitliche Ableitung, 1/s
$\Gamma(x)$	Gammafunktion
$\gamma$	Ausbreitungskonstante, 1/m
$\bar{\gamma}(\beta)$	relativistischer Parameter

$\Delta\vartheta$	Halbwertsbreite (3-dB-Breite)	$\mu_{\text{Fe}}$	Permeabilität von Ferritmaterial, Vs/(Am)
$\Delta\vartheta_0$	Nullwertsbreite	$\mu_{\text{eff}}$	effektive Permeabilität, Vs/(Am)
$\Delta\varphi$	Halbwertsbreite (3-dB-Breite)	$\mu_i$	Eigenwerte im Doppelkonus
$\Delta\varphi_0$	Nullwertsbreite	$\mu_r$	relative Permeabilitätskonstante eines materiellen Mediums
$\delta$	Eindringtiefe beim Skineneffekt, m	$\xi$	Streufaktor einer Spule
$\delta$	Gangunterschied, m	$\pi$	Kreiskonstante
$\delta$	Phasenverschiebung	$r, \vartheta, \varphi$	Kugelkoordinaten
$\delta_L$	Londonsche Eindringtiefe, m	$\rho, \varphi, z$	Zylinderkoordinaten
$\delta_\varepsilon$	dielektrischer Verlustwinkel	$\rho$	elektrische Raumladungsdichte, C/m <sup>3</sup>
$\delta_n$	Phasengang in Gruppenantennen	$\rho$	Horntiefe, m
$\delta(\mathbf{r})$	Diracsche Deltafunktion, 1/m <sup>3</sup>	$\rho_M$	magnetische Raumladungsdichte, Vs/m <sup>3</sup>
$\varepsilon$	numerische Exzentrizität	$\sigma$	Abstandsfaktor (LPDA)
$\varepsilon$	Permittivität, As/(Vm)	$\sigma'$	mittlerer Abstandsfaktor (LPDA)
$\varepsilon$	Reflektortoleranzen, m	$\tau$	Integrationsvariable
$\varepsilon_0$	Dielektrizitätskonstante des Vakuums, As/(Vm)	$\tau$	Polarisationswinkel
$\varepsilon_r$	relative Dielektrizitätskonstante eines materiellen Mediums	$\tau$	Skalierungsfaktor (LPDA)
$\varepsilon_{r,\text{eff}}$	effektive, relative Permittivität	$\Phi$	magnetischer Fluss, Wb = Vs
$\eta$	Antennenwirkungsgrad	$\Phi(\mathbf{r})$	skalare Ortsfunktion, V oder A
$\eta$	Integrationsvariable, 1/s	$\varphi, \phi$	Winkel
$\eta_B$	Bandbreitenwirkungsgrad	$\varphi_S$	Schwenkwinkel
$\eta_P$	Polarisationswirkungsgrad	$\Psi$	elektrischer Fluss, As
$\Theta_{\text{H,E}}$	Halbwertsbreite in H-, E-Ebene	$\Omega$	Raumwinkel, sr = rad <sup>2</sup>
$\theta$	Winkel	$\omega$	Kreisfrequenz, 1/s
$\theta_B$	Brewster-Winkel		
$\theta_c$	Grenzwinkel der Totalreflexion		
$\theta_i$	Einfallswinkel		
$\theta_m$	Hauptreflektorwinkel		
$\theta_r$	Reflexionswinkel		
$\theta_s$	Subreflektorwinkel		
$\theta_t$	Brechungswinkel		
$\kappa$	Korrekturfaktor (Reflektorantenne)		
$\kappa$	elektrische Leitfähigkeit, S/m		
$\kappa_n$	normale Leitfähigkeit, S/m		
$\kappa_s$	Supraleitfähigkeit, S/m		
$\kappa(t_r)$	Ableitung der Zeit nach der retardierten Zeit		
$\Lambda(T)$	Londonsche Konstante, $\Omega\text{ms}$		
$\lambda$	Wellenlänge in Materie, m		
$\lambda_0$	Vakuumwellenlänge, m		
$\lambda_L$	Leitungswellenlänge, m		
$\lambda_c$	Grenzwellenlänge im Hohlleiter, m		
$\lambda_{\text{eff}}$	effektive Wellenlänge, m		
$\mu$	Permeabilität, Vs/(Am)		
$\mu_0$	Permeabilitätskonstante des Vakuums, Vs/(Am)		

### Abkürzungen

AR	Achsenverhältnis (axial ratio)
EIRP	äquivalente isotrope Strahlungsleistung
ET	Randabfall (edge taper)
FDTD	Methode der Finiten Differenzen
FEM	Methode der Finiten Elemente
IEC	International Electrical Commission
GO	Geometrische Optik
LHC	left hand circular (Polarisation)
LPDA	logarithmisch-periodische Dipolantenne
PO	Physikalische Optik
RHC	right hand circular (Polarisation)
SLL	Nebenkeulenniveau (side lobe level)
XP	Kreuzpolarisationsmaß