

Inhalt

1	Begriffe, Felder, Wellen	37
1.1	Begriffe	37
1.1.1	Einführung	37
1.1.2	Allgemeine Begriffe	37
1.1.3	Mathematische Begriffe	39
1.1.4	Nachrichtentechnische Begriffe	40
1.1.5	Koordinatensysteme	41
1.1.6	<i>Maxwellsche</i> Gleichungen	42
1.1.7	<i>Poyntingscher</i> Vektor	43
1.1.8	Reziprozitätstheorem	43
1.1.9	<i>Babinetsches</i> Prinzip	43
1.2	Felder	43
1.2.1	Elektrisches Feld	44
1.2.1.1	Elektrische Feldstärke	44
1.2.1.2	Elektrische Flussdichte	44
1.2.1.3	Permittivität	45
1.2.2	Magnetisches Feld	45
1.2.2.1	Magnetische Feldstärke	45
1.2.2.2	Magnetische Flussdichte	46
1.2.2.3	Permeabilität	46
1.2.3	Elektromagnetisches Feld	46
1.3	Wellen	47
1.3.1	Wellenformung und -ablösung	48
1.3.2	Feldwellenwiderstand	50
1.3.3	Antennenfeldzonen	51
1.3.3.1	Nahfeld	51
1.3.3.2	Fernfeld	52
2	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	55
2.1	Einführung	55
2.2	Erdatmosphäre	56
2.2.1	Troposphäre	56
2.2.2	Stratosphäre	56
2.2.3	Ionosphäre	56
2.2.3.1	D-Schicht	57
2.2.3.2	E-Schicht	57
2.2.3.3	F-Schichten	57
2.3	Sonne	58
2.3.1	Elektromagnetische Strahlung	59
2.3.2	Kosmische Strahlung	60
2.3.3	Sonnenflecken	61
2.4	Ionosphärische Störungen	63
2.4.1	<i>Mögel-Dellinger</i> -Effekt (MDE)	63
2.4.2	Ionosphärensturm/Magnetsturm	64
2.4.3	Polarkappenabsorption (PCA)	65
2.5	Wellenausbreitung	65
2.5.1	Bodenwelle	65
2.5.2	Troposphärenwelle	65
2.5.3	Raumwelle	66
2.6	VLF-Ausbreitung	68

2.7	LF-/MF-Ausbreitung	69
2.8	HF-Ausbreitung	69
2.9	VHF-/SHF-Ausbreitung	72
2.9.1	Quasioptische Ausbreitung	72
2.9.1.1	Sichthorizont	72
2.9.1.2	Radiohorizont	73
2.9.1.3	<i>Fresnel</i> -Zone	73
2.9.2	Andere VHF-/SHF-Ausbreitungen	74
2.9.2.1	Spiegelung (Reflexion)	74
2.9.3	Streuung (Scattering)	74
2.9.4	Brechung (Refraktion)	75
2.9.5	Temperaturumkehr (Inversion)	75
2.9.6	Führung (Ducting)	75
2.9.7	Beugung (Diffraktion)	76
2.9.8	Schwächung (Extinktion)	76
2.10	Ungewöhnliche Ausbreitung	76
2.10.1	Sporadic-E	76
2.10.2	Troposphäre	77
2.10.3	Aurora	77
2.10.4	Scatter	78
2.10.4.1	Troposcatter (Tropo)	78
2.10.4.2	Meteorscatter (MS)	78
2.10.4.3	Regenscatter (RS)	78
2.10.4.4	Seiten-/Rückscatter	78
2.10.5	Transäquatorialausbreitung (TEP)	79
2.10.6	Langer Weg (Long Path)	79
2.10.7	Dämmerungszone (Gray Line)	79
2.10.8	Erde/Mond/Erde (EME)	80
2.11	Schwund (Fading)	80
2.12	Mehrwegausbreitung (Diversity)	81
2.13	Funkprognosen	82
2.13.1	Einführung	82
2.13.2	Sonnenfleckenzahlen	83
2.13.2.1	<i>Wolf</i> -Index (R)	83
2.13.2.2	Zürich-Index (R_z)	84
2.13.2.3	Internationaler Index (R_i)	84
2.13.2.4	Ionosphären-Index (R_{12})	84
2.13.3	Solarer Flux (SF)	84
2.13.4	K - und A -Index	85
2.13.5	Grenzfrequenzen ($f_0F_2/MUF/LUF$)	86
2.14	Baken	87
2.14.1	<i>NCDXF/IARU</i>	88
2.14.2	<i>DKØWCY</i>	88
2.15	Freiraumausbreitung	89
2.15.1	Freiraumdämpfung	89
3	Antennenformen	93
3.1	Strahlerelemente	94
3.1.1	Elementarstrahler	94
3.1.2	Linearantennen	95
3.1.3	Formantennen	95
3.1.4	Schleifenantennen	95
3.1.5	Schlitzantennen	96
3.1.6	Aktivantennen	96
3.2	Strahlergruppen	96
3.2.1	Lineare Gruppen	96

3.2.2	Ebene Gruppen	96
3.2.3	Räumliche Gruppen	97
3.2.4	Netzwerkgespeiste Gruppen	97
3.3	Strahlerstrukturen	97
3.3.1	Ebene Strukturen	98
3.3.2	Räumliche Strukturen	98
3.4	Strahleraperturen	99
3.4.1	Reflektorantennen	99
3.4.2	Hornantennen	99
3.4.3	Linsenantennen	99
3.4.4	Dielektrische Antennen	99
3.4.5	Leckwellenantennen	99
3.5	Hybridantennen	100
4	Antennenkenngrößen	101
4.1	Eingangsimpedanz	101
4.2	Strahlungswiderstand	102
4.2.1	Strahlungskopplung	103
4.3	Wellenwiderstand	104
4.4	Verlustwiderstände	105
4.5	Wirkungsgrad	106
4.6	Richtfaktor	107
4.7	Gewinn	108
4.7.1	Strahlungsleistungen	114
4.8	Wirkfläche	114
4.9	Wirksame Länge	115
4.10	Verkürzungsfaktor	116
4.11	Güte und Bandbreite	119
4.12	Richtcharakteristik	121
4.13	Richtdiagramm	122
4.13.1	Polar- und Kartesisches Diagramm	123
4.13.2	Horizontal- und Azimutaldiagramm	127
4.13.3	Vertikal- und Elevationsdiagramm	127
4.13.4	E- und H-Ebenen-Diagramm	127
4.13.5	Öffnungswinkel(Halbwertsbreite)	127
4.13.6	Nebenzipfeldämpfung	128
4.13.7	Vor/Rück-Verhältnis	128
4.14	Polarisation	129
4.14.1	Lineare Polarisation	129
4.14.2	Zirkulare Polarisation	129
4.15	Antennenfaktor	130
4.16	Antennenrauschtemperatur	132
4.17	Kenngrößen von aktiven Antennen	133
4.18	Weitere Antennenkenngrößen	134
5	Leitungen	137
5.1	Einführung	137
5.2	Leitungseigenschaften	137
5.2.1	Wellenwiderstand	137
5.2.2	Leitermaterial	138
5.2.3	Isolationsmaterial	139
5.2.4	Verkürzungsfaktor	139
5.2.5	Dämpfung	139
5.3	Koaxialkabel	140
5.3.1	Technische Werte von Koaxialkabeln	141
5.3.2	Sonderformen von Koaxialkabel	144

5.3.2.1	Twinaxialkabel	144
5.3.2.2	Triaxialkabel	144
5.3.2.3	Strahlende Koaxialkabel	144
5.3.2.4	HF-Flachbandkabel	145
5.4	Eindrahtleitung	145
5.5	Zweidrahtleitungen	146
5.6	Mehrdrahtleitungen	151
5.7	Streifenleitungen	152
5.8	Vorgänge auf Leitungen	152
5.8.1	Grundlagen	152
5.8.2	Zusatzverluste durch Fehlanpassung	156
5.8.3	Leitungen als Abstimmelement	160
5.9	Messungen an Leitungen	162
5.9.1	Messung des Wellenwiderstandes	162
5.9.2	Messung des Verkürzungsfaktors	164
5.9.3	Messung der Leitungsdämpfung	165
6	Anpassung- und Transformationsglieder	169
6.1	Direkte Antennenanpassung	169
6.1.1	Delta-Anpassung	169
6.1.2	T-Anpassung	170
6.2	Anpassung mit einer Reaktanz	171
6.2.1	Parallel-Anpassung	171
6.2.2	Serienanpassung	172
6.2.3	Gamma-Anpassung	172
6.3	Anpassung mit zwei Reaktanzen	173
6.3.1	L-Glied	174
6.3.2	Omega-Anpassung	176
6.4	Anpassung mit drei Reaktanzen	177
6.4.1	Pi-Glied	178
6.4.2	T-Glied	178
6.4.3	Resonanzanpassung	179
6.5	Anpassung mit vier Reaktanzen	180
6.5.1	<i>Boucherot</i> -Brücke	180
6.6	Leitungstransformationen	181
6.6.1	Viertelwellentransformator	181
6.6.2	Exponentialtransformator	182
6.6.3	Anpassleitungen (Stichleitungen)	182
6.7	Breitbandanpassungen	187
6.7.1	Einfache Kompensation	187
6.7.2	Doppelte Kompensation	188
6.7.3	Breitbandübertrager	188
6.8	Allgemeine Transformationen	189
6.8.1	Serienschaltung-Parallelschaltung	189
6.8.2	T-Schaltung – Pi-Schaltung	189
7	Symmetrier- und Sperrglieder (Baluns)	193
7.1	Einführung	193
7.2	Grundlagen	194
7.3	Symmetrierglieder	196
7.3.1	Übertrager	196
7.3.1.1	Magnetkern-Übertrager	197
7.3.1.2	Resonanz-Balun	197
7.3.1.3	Resonanz-Tuner	197
7.3.1.4	Leitungsübertrager	197
7.3.1.5	Breitbandübertrager	199

7.3.2	Umwegleitungen	201
7.3.2.1	Halbwellen-Umwegleitung	201
7.3.2.2	Reaktiv-Balun	202
7.3.2.3	Phasentransformator	203
7.3.2.4	<i>Carter</i> -Umwegleitung	203
7.3.2.5	Hybridring-Balun	203
7.3.3	Symmetrierschleifen	204
7.3.3.1	<i>EMI</i> -Schleife	204
7.3.3.2	<i>Pawsey</i> -Schleife	204
7.3.3.3	Breitbandsymmetrierschleife	204
7.3.3.4	Potentialtransformator	205
7.3.3.5	Rahmenbalun	205
7.3.3.6	Schlitzbalun	205
7.3.3.7	Offene Symmetrierschleife	205
7.3.3.8	Halbschalenbalun	206
7.3.3.9	<i>DJ9HO</i> -Balun	206
7.3.3.10	ST-Leitung	206
7.3.4	Symmetrierbrücken	206
7.3.4.1	<i>Boucherot</i> -Brücke	207
7.3.4.2	<i>Alford</i> -Netzwerk	207
7.3.5	Symmetriertöpfe	207
7.3.5.1	Halbwellen-Symmetriertopf	207
7.3.5.2	Gefalteter Balun	208
7.3.5.3	Kompensierter Balun	208
7.4	Sperrglieder	209
7.4.1	Resonanzsperrn	209
7.4.1.1	Radials	209
7.4.1.2	Viertelwellen-Sperrtopf	209
7.4.1.3	Abgestimmter Kreis	209
7.4.1.4	Integralbalun	211
7.4.1.5	Offener Sperrtopf	211
7.4.2	Breitbandsperrn	212
7.4.2.1	Bifilare Spule	212
7.4.2.2	Kabeldrossel	212
7.4.2.3	Ferritkern-drosseln	213
7.4.3	Absorber	214
7.4.3.1	Ferritabsorber	214
7.4.3.2	Widerstandsabsorber	215
7.4.3.3	Stahlwolleabsorber	215
7.5	Sonderformen	216
7.5.1	Widerstandssymmetrierung	216
7.5.2	X/2-Schaltung	216
7.5.3	Feldraum-Symmetrierung	216
7.5.4	Resonator-Symmetrierung	216
7.5.5	Topfkreis-Symmetrierung	217
7.5.6	Tapered Baluns	217
7.5.7	Kopplerbalun	217
7.5.8	Halbwellensperre	218
7.5.9	Faltdipolbaluns	218
7.5.10	Gamma-Anpassung	218
7.5.11	Omega-Anpassung	218
7.5.12	L-Anpassung	218
7.5.13	Kapazitätsbalun	219
7.5.14	<i>VK2ZAB</i> -Balun	219
7.5.15	Hybrid-Balun nach <i>ZSIAN</i>	220
7.5.16	<i>Clemens</i> -Anpassung	220

7.5.17	DG7YBN-Speisung	221
7.6	Messungen an Baluns	221
7.6.1	Messung der Balun-Transformation	221
7.6.2	Messung der Balun-Impedanz	221
7.6.2.1	Messung der Balun-Durchgangsimpedanz	221
7.6.2.2	Messung der Balun-Sperrimpedanz	222
7.6.3	Messung der Balun-Symmetrie	222
7.6.4	Messung der Balun-Durchgangsdämpfung	223
7.6.5	Messung der Balun-Sperrdämpfung	223
8	Ankopplungen und Anpassgeräte	227
8.1	Ankopplungen	227
8.1.1	Allgemeines	227
8.1.2	Kapazitive und induktive Kopplung	227
8.1.3	Ankopplung angepasster Speiseleitungen	228
8.1.4	Ankopplung abgestimmter Speiseleitungen	230
8.2	Anpassgeräte	233
8.2.1	Allgemeines	233
8.2.2	Unsymmetrische Antennenkoppler	233
8.2.2.1	Parallelkreis-Tuner	233
8.2.2.2	Serienkreis-Tuner	234
8.2.2.3	L-Tuner	234
8.2.2.4	Pi-Tuner	236
8.2.2.5	T-Tuner	236
8.2.2.6	Ultimate Transmatch	238
8.2.2.7	SPC-Transmatch	238
8.2.2.8	XMatch	239
8.2.2.9	Z-Match	239
8.2.2.10	Freematch	240
8.2.3	Symmetrische Antennenkoppler	240
8.2.3.1	Symmetrische Resonanz-Tuner	240
8.2.3.2	Symmetrische LC-Tuner	241
8.2.3.3	S-Match	242
8.2.3.4	Unsymmetrische LC-Tuner mit Symmetrierung	242
8.3	Automatiktuner	244
8.3.1	Allgemeines	244
8.3.2	Prinzip	244
8.3.3	Messglied	245
8.3.4	Selbstbau- und Fertiggeräte (Automatiktuner)	246
8.4	Technische Daten von Anpassgeräten	246
9	Horizontale HF-Monobandantennen	249
9.1	Halbwellenantennen	249
9.1.1	Halbwellendipol	249
9.1.1.1	Mittengespeister Dipol	255
9.1.1.2	Endgespeiste Halbwellenantennen	256
9.1.1.2.1	Zeppelin-Antenne	256
9.1.1.2.2	Fuchs-Antenne	258
9.1.1.2.3	Endgespeiste Dipole mit Koaxialkabel	259
9.1.1.3	Asymmetrisch gespeiste Halbwellenantenne	260
9.1.1.3.1	Windom-Antenne	260
9.2	Mehrwellen-Antennen	261
9.2.1	Ganzwellendipol (λ -Dipol)	261
9.2.2	Ganzwellenantenne (λ -Antenne)	263
9.2.3	Verlängerter Doppel-Zepp ($1,28\lambda$ -Dipol)	263
9.2.4	$1,5\lambda$ -Dipol ($3\lambda/2$ -Dipol)	266

9.2.5	1,5 λ -Antenne (3 $\lambda/2$ -Antenne)	266
9.3	Inverted-V-Dipole	267
9.3.1	Inverted-V-Halbwellendipol	267
9.4	Winkeldipole	268
9.4.1	Halbwellen-Winkeldipole	268
9.4.2	Ganzwellen-Winkeldipol	268
9.5	Gefaltete Dipole	269
9.5.1	Faltdipol	269
9.5.2	Doppelfaltdipol	271
9.5.3	Rückgefalteter Dipol	273
9.5.4	Mehrfach gefaltete Dipole	273
9.6	Schrägantennen (Slopers)	273
9.6.1	Halbwellen-Sloper (Voll-Sloper)	274
9.6.2	Viertelwellen-Sloper (Halb-Sloper)	274
9.7	Kurzdipole	275
9.7.1	Verlängerung durch Induktivitäten	275
9.7.2	Verlängerung durch Endkapazitäten	276
9.7.3	Kombinierte Verlängerung	276
9.7.4	Spezialverlängerung (linear loading)	276
9.8	Wendeldipole	277
9.9	Dipol-Sonderformen	278
9.9.1	<i>Landstorfer</i> -Dipol	278
9.9.2	Extended Dipol	278
9.9.3	Extended Schleifendipol	278
9.9.4	Zickzack-Dipol	278
9.9.5	Mäander-Dipol	279
9.10	Dipolabstimmung	280
9.11	Rundstrahlantennen für HF	281
10	Horizontale HF-Multibandantennen	285
10.1	Einführung	285
10.2	Symmetrisch gespeiste Multibandantennen	285
10.2.1	Resonante Multiband-Dipolantennen	285
10.2.1.1	Multibanddipol (Doppel- <i>Zepp</i>)	285
10.2.1.2	Multibandwinkeldipole	287
10.2.1.3	Angepasster Multibanddipol	287
10.2.2	Nichtresonante Multibanddipole	288
10.2.2.1	<i>G5RV</i> -Multibandantenne	288
10.2.2.2	Verlängerter Multiband-Doppel- <i>Zepp</i>	291
10.2.2.3	$\lambda/3$ -Dipol	292
10.2.2.4	Weitere Multibanddipole	292
10.3	Asymmetrisch gespeiste Multibandantennen	292
10.3.1	Eindrahtgespeiste Multiband- <i>Windom</i> -Antennen	293
10.3.1.1	<i>VS1AA</i> -Antenne	293
10.3.2	Zweidrahtgespeiste Multiband- <i>Windom</i> -Antennen	294
10.3.2.1	Zweibandantenne nach <i>DL1BU</i>	294
10.3.2.2	Mehrbandantenne nach <i>WA4PYG</i>	294
10.3.2.3	Zweifach- <i>Windom</i>	295
10.3.2.4	Stromsummenantenne	295
10.3.3	Koaxialgespeiste Multiband- <i>Windom</i> -Antennen	296
10.3.3.1	FD-Antennen	296
10.3.3.1.1	FD-Erweiterungen	297
10.3.3.2	<i>Smithdom</i> -Antennen	300
10.3.3.3	<i>Carolina-Windom</i>	301
10.3.3.4	<i>ON4AA-Windom</i>	301
10.4	Endgespeiste Multibandantennen	304

10.4.1	Inverted-L-Antennen	304
10.4.1.1	Nichtresonante L-Antennen	305
10.4.1.2	Resonante L-Antennen	306
10.4.2	Mehrband-Zepp-Antennen	306
10.4.3	Mehrband-Fuchs-Antenne	307
10.4.4	DL7AB-Antenne	308
10.4.5	Endgespeiste Sperrkreis-Multibandantennen	308
10.4.6	Multibandantenne mit UNUN	309
10.5	Mehrfachdipole	310
10.5.1	Parallele Mehrfachdipole	310
10.5.2	Gefaltete Mehrbanddipole	312
10.5.2.1	Squashed Multibander	312
10.5.2.2	Morgain-Dipol	312
10.5.2.3	Cobra-Antenne	314
10.5.3	G3TPW CobWebb	314
10.5.4	GM3VLB Mini-Delta	314
10.6	Sperrkreisdipole	315
10.6.1	Sperrkreise	315
10.6.2	Allgemeine Sperrkreisdipole	317
10.6.3	Besondere Sperrkreisdipole	318
10.6.3.1	W3DZZ-Antenne	318
10.6.3.2	HA5DM-Antenne	321
10.6.3.3	K2GU-Antenne	321
10.6.3.4	W8NX-Antenne	321
10.6.4	Stub-Dipole	323
10.7	Mehrbandkurzdipole	324
10.7.1	Zweibandkurzdipol	324
10.7.2	DO-Antennen	325
10.7.3	CWL-Antennen	326
10.8	Mehrbandsloper	327
10.9	Variable Dipole	328
10.9.1	Mechanisch veränderbare Dipole	328
10.9.1.1	Maßband-Dipol	328
10.9.1.2	Slinky-Dipol	328
10.9.2	Elektrisch veränderbare Dipole	329
10.9.2.1	Telget-Dipol	329
10.9.2.2	SteppIR-Dipol	330
11	Langdrahtantennen	335
11.1	Resonante Langdrahtantennen	335
11.1.1	Resonanter Langdraht	336
11.1.2	V-Antenne	337
11.1.2.1	Gestockte V-Antenne	339
11.1.2.2	V-Stern	340
11.1.2.3	Stumpfwinklige V-Antenne	340
11.1.3	Offene Rhombusantenne	341
11.1.4	Echolonantenne	341
11.1.5	K4EF-Antenne	342
11.2	Nichtresonante Langdrahtantennen	343
11.2.1	Nichtresonanter Langdraht	344
11.2.1.1	Beverage-Antenne	346
11.2.1.2	Fischgrätenantenne	348
11.2.2	Abgeschlossene V-Antenne	349
11.2.2.1	Gestockter V-Beam	349
11.2.2.2	Abgeschlossene stumpfwinklige V-Antenne	350
11.2.3	Rhombusantenne	350

11.2.3.1	Sonderformen der Rhombusantenne	354
12	Breitbandantennen	357
12.1	Bedämpfte Antennen	357
12.1.1	Dummy-Load-Antenne	358
12.1.2	Bedämpfte Horizontalantennen	359
12.1.3	Bedämpfte Vertikalantennen	360
12.1.4	Breitbandige Schleifenantenne	362
12.1.5	TFD- und T2FD-Antenne	362
12.1.6	D2T-Antenne	364
12.2	Formbedingte Breitbandantennen	364
12.2.1	Breitbanddipol	366
12.2.1.1	Fächerdipol	367
12.2.1.2	Flächendipol	368
12.2.1.3	Doppelkegeldipol	369
12.2.1.4	Schmetterlingsdipol	370
12.2.1.5	Herzantenne	370
12.2.1.6	Vivaldiantenne	371
12.2.1.7	Breitbanddipol nach <i>URØGT</i>	372
12.2.2	Breitbandmonopole	372
12.2.2.1	Reusenantenne	372
12.2.2.2	Diskonantennen	373
12.2.3	Scimitarantenne	376
12.3	Schaltungsbedingte Breitbandantennen	377
12.3.1	Doppel-Bazooka-Antenne	378
12.3.2	Breitbanddipol nach <i>DJIZN</i>	379
12.3.3	Breitbanddipol nach <i>VK3MI</i>	381
12.3.4	Breitbanddipol nach <i>W2CQH</i>	381
12.3.5	Breitbanddipol nach <i>AI1H</i>	382
12.3.6	Breitbandfaltdipol nach <i>K4VX</i>	384
12.3.7	<i>Snyder</i> -Dipol	385
13	Quer- und Längsstrahler	389
13.1	Querstrahler	389
13.1.1	Dipollinie (Kollineare Dipole)	389
13.1.1.1	<i>Franklin</i> -Antenne	394
13.1.2	Dipolzeile (Parallele Dipole)	394
13.1.2.1	Shirleyantenne	397
13.1.3	Kombinierte Querstrahler	397
13.1.3.1	Tannenbaumantenne	397
13.1.3.2	Sägezahnantenne	398
13.1.3.3	<i>Chireix-Mesny</i> -Antenne	398
13.1.3.4	<i>Bruce</i> -Antennen	399
13.1.3.5	<i>Sterba</i> -Antennen	400
13.1.3.6	Bi-Square	401
13.1.3.7	Lazy-H („Fauler Heinrich“)	402
13.1.3.8	<i>DJ4VM</i> -Quad-Antenne	404
13.1.3.9	Bobtail Curtain	405
13.1.3.10	Half-Square	405
13.1.3.11	Six-Shooter	405
13.2	Längsstrahler	406
13.2.1	Bidirektionale Längsstrahler	406
13.2.1.1	Zweielement Paralleldipol	406
13.2.1.2	<i>W8JK</i> -Antenne	408
13.2.1.3	Lazy Quad (Faule Quad)	410
13.2.1.4	Mäanderförmige Antenne (<i>Bell</i>)	410

13.2.2	Unidirektionale Längsstrahler	411
13.2.2.1	ZL-Spezial	412
13.2.2.2	HB9CV-Antenne	414
13.2.2.3	N7CL-Antenne	416
13.2.2.4	Mäanderförmige Antenne (<i>Standard</i>)	417
13.2.2.5	Mäanderförmige Antenne (<i>Marconi</i>)	417
14	Schleifen-Antennen	421
14.1	Kleine Schleifen-Antennen (Rahmen)	421
14.1.1	Wirkungsweise	421
14.1.2	Praktischer Aufbau	423
14.1.3	Strahlungseigenschaften	428
14.1.4	Vorteile/Nachteile	430
14.1.5	Torusförmige Helix-Antennen	431
14.1.6	Ferritantennen	432
14.1.7	Halbe Magnetische Antenne	433
14.1.8	Magnetische Antennen für VHF	435
14.1.9	Magnetische Spezialantennen	437
14.2	Große Schleifen-Antennen (Loops)	438
14.2.1	Resonante Schleifen	438
14.2.1.1	Halbwellen-Schleife	438
14.2.1.2	Ganzwellen-Schleifen	439
14.2.2	Horizontale Schleifen	441
14.2.3	Vertikale Schleifen	443
14.2.3.1	Quadrat-Schleife (Quadloop)	443
14.2.3.2	Rechteck-Schleife (Oblong)	445
14.2.3.3	Dreieck-Schleife (Deltaloop)	446
14.2.3.4	Kreis-Schleife (Ringloop)	450
14.2.4	Verkürzte Schleifen	451
14.2.4.1	HB9-Multiband-Deltaloop	452
15	Kompaktantennen	457
15.1	Allgemeines zu Kompaktantennen	457
15.2	Biplane	457
15.3	CFA (Crosses Field Antenna)	458
15.4	CFL (Crossed Field Loop)	460
15.5	Cone-Disk	461
15.6	DDA (Dual Disk Antenna)	461
15.7	DLA (Dual Loop Antenna)	462
15.8	DLM (Distributed Loaded Monopole)	462
15.9	EH-Antenne	463
15.10	Isotronantenne	465
15.11	MicroVert	466
15.12	Super-C-Antenne	468
16	Aktive Antennen	471
16.1	Einführung	471
16.2	Grundlagen	471
16.3	Anwendungen	474
16.4	Bauanleitungen	476
16.5	Kommerzielle aktive Antennen	478
16.6	Zusammenfassung	479
17	Horizontale HF-Richtantennen	481
17.1	Einführung	481
17.2	Yagi-Antennen	481

17.2.1	Geschichte der <i>Yagi-Uda</i> -Antenne	481
17.2.2	Monoband- <i>Yagis</i>	482
17.2.2.1	Wirkungsweise der <i>Yagi</i>	482
17.2.2.2	Demensionierung und Optimierung der <i>Yagi</i>	485
17.2.2.3	Aufbau der <i>Yagi</i>	487
17.2.2.4	Speisung der <i>Yagi</i>	489
17.2.2.4.1	Offset-Speisung der <i>Yagi</i>	489
17.2.2.4.2	Loop Feed Array (LFA) <i>Yagi</i>	490
17.2.3	Multibandbeams	490
17.2.3.1	Sperrkreisbeams	490
17.2.3.1.1	<i>W3DZZ</i> -Beam	490
17.2.3.1.2	<i>Fritzel</i> -Beam	493
17.2.3.1.3	<i>Mosley</i> -Beam	494
17.2.3.1.4	<i>KLM</i> -Beam	495
17.2.3.2	Multibandkreis-Beams	496
17.2.3.2.1	<i>G4ZU</i> -Beam	496
17.2.3.2.2	<i>VK2AOU</i> -Beam	499
17.2.3.2.3	<i>DL1FK</i> -Beam	502
17.2.3.2.4	<i>VK2AOU/DJ2UT</i> -Beam	504
17.2.3.3	Verschaltete <i>Yagis</i>	505
17.2.3.3.1	<i>KN6OR</i> -Zweiband- <i>Yagi</i>	505
17.2.3.3.2	<i>W8FYR</i> -Zweibandbeam	506
17.2.3.3.3	<i>W4KFC</i> -Zweiband- <i>Yagi</i>	506
17.2.3.4	Fullsizebeams	507
17.2.3.4.1	<i>DJ2UT</i> -Beam	507
17.2.3.4.2	<i>OptiBeam</i>	508
17.2.3.4.3	<i>Force 12</i> -Beam	509
17.2.3.4.4	<i>Titanex</i> -Beam	509
17.2.4	Monoband-Minibeams	510
17.2.4.1	X-Beam	510
17.2.4.2	<i>G3LDO</i> -Beam	511
17.2.4.3	<i>Moxon</i> -Beam	512
17.2.4.4	<i>NØKHQ</i> -Beam	513
17.2.4.5	<i>W1PLH</i> -Minibeam	514
17.2.4.6	Sigma-Beam	514
17.2.4.7	Z-Beam	515
17.2.4.8	Helix-Beam	515
17.2.4.9	<i>W8YIN</i> -Minibeam	516
17.2.5	Multiband-Minibeams	517
17.2.5.1	<i>G4MH</i> -Minibeam	518
17.2.5.2	Hybrid-Quad	518
17.2.5.3	<i>Fritzel</i> -Minibeam	519
17.2.5.4	<i>ZX-Yagi</i> Mini-2000	519
17.2.5.5	Butterfly-Beam	520
17.2.5.6	<i>VK2ABQ</i> -Beam	521
17.2.5.7	<i>VK2ABQ</i> -Minibeam	523
17.2.5.8	<i>K6FZ</i> -Beam	523
17.2.5.9	<i>Spiderbeam</i>	524
17.2.5.10	Hexagonal-Beams	525
17.2.5.10.1	Hex-Beam	525
17.2.5.10.2	Das reflektierte W	526
17.2.5.10.3	<i>G3TXQ</i> -Breitband-Hexbeam	527
17.2.6	SteppIR-Beam	527
17.3	Quad-Beams	529
17.3.1	Geschichte der Cubical-Quad	529
17.3.2	Bauformen der Quad	529

17.3.3	Dimensionierung der Quad	531
17.3.4	Monoband-Quads	533
17.3.4.1	<i>Bird-Cage</i> -Antenne	533
17.3.4.2	Swiss-Quad	535
17.3.4.3	German-Quad	538
17.3.4.4	<i>UA3IAR</i> -Quad	539
17.3.4.5	H-Double-Bay-Antenne	540
17.3.5	Multiband-Quads	540
17.3.5.1	Dreiband-Quads (2 Elemente)	540
17.3.5.1.1	<i>VK2AOU</i> -Quad	540
17.3.5.1.2	<i>W4NNQ</i> -Quad	544
17.3.5.1.3	<i>CQ-PA</i> -Quad	547
17.3.5.1.4	<i>DJ4VM</i> -Quad	550
17.3.5.1.5	<i>DK4NA</i> -Quad	553
17.3.5.1.6	Low-Base-Quad	554
17.3.5.1.7	Verspannte Dreiband-Quad	555
17.3.5.2	Mehrband-Quads (<i>n</i> Elemente)	557
17.3.5.2.1	Dreiband-Quad (4 Elemente)	558
17.3.5.2.2	Dreiband-Quad (3...5 Elemente)	559
17.3.5.2.3	Fünfband-Quad (2 Elemente)	560
17.3.6	Mini-Quads	561
17.3.6.1	<i>G3YDX</i> -Mini-Quad	562
17.3.6.2	<i>Pfeiffer</i> -Quad	562
17.4	Delta-Loop-Beam	563
17.4.1	Monoband-Delta-Loop	564
17.4.2	Multiband-Delta-Loop	568
17.4.3	Mini-Delta-Loop	569
17.5	Ring-Beam	570
17.5.1	Zweielement-Ring-Beam	570
17.5.2	Dreielement-Ring-Beam	571
18	Erde/Erdnetz/Gegengewicht	577
18.1	Erdboden	577
18.1.1	Bodenleitfähigkeit und Relative Dielektrizitätszahl	578
18.1.2	Erdbodenmessungen	579
18.2	Erdnetz	581
18.2.1	Erdnetzformen	581
18.2.2	Erdnetzverluste	585
18.3	Gegengewicht	585
18.3.1	Gegengewichtsformen	587
18.4	Künstliche Erde (Erdleitungskoppler)	590
19	Vertikale HF-Monobandantennen	595
19.1	Allgemeines	595
19.2	Vertikalantennen, Antennenkenngrößen	596
19.2.1	Strom- und Spannungsverteilung	596
19.2.2	Antennenimpedanz und Strahlungswiderstand	597
19.2.2.1	Realteil	598
19.2.2.2	Imaginärteil	599
19.2.3	Ersatzschaltbild	600
19.2.4	Richtfaktor und Gewinn	600
19.2.5	Wirksame Höhe und Fläche	601
19.2.6	Verkürzungsfaktor	602
19.2.7	Strahlungsdiagramme	602
19.2.7.1	Horizontaldiagramm	603
19.2.7.2	Vertikaldiagramm	603

19.2.7.3	Halbwertsbreite	605
19.2.8	Antennenfaktor	605
19.3	Kurze Vertikalantennen	606
19.4	Viertelwellenantennen	608
19.4.1	<i>Marconi</i> -Antenne	608
19.4.2	Koaxialmonopol	609
19.4.3	Groundplaneantennen, HF	611
19.4.3.1	Groundplane, Bemessung/Anpassung	611
19.4.3.2	Triple-Leg-Antenne	613
19.4.3.3	Groundplane, geerdet	614
19.4.3.4	Groundplane, verkürzt	615
19.4.3.5	Groundplane, verlängert	617
19.4.3.6	Mehrleitergroundplane	618
19.5	Vertikale Halbwellenantennen	620
19.5.1	Vertikaler Dipol	620
19.5.1.1	Vertikaler Dipol, endgespeist	621
19.5.2	Koaxialdipol	622
19.5.3	Sperrtopfantenne, HF	623
19.5.4	J-Antennen, HF	624
19.5.4.1	Slim-Jim-Antennen, HF	625
19.5.4.2	X-Pol-/Y-Pole-/Z-Pole-Antennen, HF	626
19.5.6	Vertikaler Winkeldipol	626
19.6	$5\lambda/8$ -Vertikalantenne, HF	627
19.7	Andere Vertikalantennen	629
19.7.1	Vertikalantennen, geerdet	629
19.7.2	Vertikalantennen, gefaltet	631
19.7.3	Vertikalantennen, gewendelt	632
19.8	Schwundmindernde Vertikalantennen	633
19.9	Vertikalpolarisierte L- und T-Antennen	633
19.9.1	L-Antennen	634
19.9.2	T-Antennen	635
19.9.2.1	Optimierte T-Antenne	635
19.9.2.2	Wirkungsvolle T-Antenne	636
20	Vertikale HF-Multibandantennen	641
20.1	Mehrband- $\lambda/4$ -Antennen	641
20.1.1	Allband-Groundplane	641
20.1.2	Mehrelement-Groundplane	642
20.1.3	Sperrkreis-Groundplane	644
20.1.4	Multibandkreis-Groundplane	645
20.1.5	Spezielle Zweiband-Groundplane	649
20.2	Mehrband- $\lambda/2$ -Antennen	649
20.2.1	Allbandvertikaldipol	649
20.2.2	Sperrkreisvertikaldipol (endgespeist)	650
20.3	Mehrbandvertikalantennen	652
20.3.1	Dreibandvertikalantenne	652
20.3.2	Dreibandvertikalantenne nach <i>WB1FSB</i>	652
20.3.3	Dreibandvertikalantenne nach <i>LA1EI</i>	653
20.3.4	Dreibandvertikalantenne nach <i>OD5CG</i>	654
20.3.5	Vierbandvertikalantenne nach <i>SP3PK</i>	655
20.3.6	Fünfbandvertikalantenne nach <i>HB9ADQ</i>	656
20.4	Stub-Monopol	657
20.4.1	Hy-Tower	658
20.5	Sleeve-Monopol	659
20.5.1	OMTA-Antenne	660
20.6	Allbandvertikalantennen	660

20.6.1	Allbandreue	660
20.6.2	Miracle-Whip-Antenne	661
20.6.3	SteppIR-Vertikalantennen.	662
20.7	Mehrband-T-Antennen	662
20.7.1	Multee-Antenne	662
20.7.2	Vierband-T-Antenne nach <i>DL2EO</i>	664
20.7.3	T-Vertikalstrahler für 80 m/40 m nach <i>DK6ED</i>	664
21	Spezialantennen für HF	667
21.1	CCD-Antenne	667
21.2	DDRR-Antennen	668
21.3	Drahtpyramide	672
21.4	GAP-Antennen	673
21.5	Hentenna	675
21.6	KW-Hybridantenne	676
21.7	Ministrahler	677
21.8	Schlitzantennen HF	678
21.8.1	Notch-Antennen HF	678
21.8.2	Skelettschlitzantenne HF	680
21.9	NVIS-Antennen	681
21.10	Ungewöhnliche Antennen.	683
21.10.1	Baumantennen	683
21.10.2	Boden-/Erdantennen.	684
21.11	TAK-tenna	687
22	Vertikale Richtantennen	691
22.1	Phasengespeiste Vertikalantennen.	691
22.1.1	Allgemeines	691
22.1.2	LF- und MF-Bereich	692
22.1.3	HF-Bereich	693
22.1.4	VHF- und UHF-Bereich	694
22.2	Strahlungsgekoppelte Vertikalantennen.	696
22.2.1	Allgemeines	696
22.2.2	HF-Bereich	697
22.2.3	VHF- und UHF-Bereich	699
22.3	Rechteckantennen	700
23	Rundstrahlantennen für VHF und UHF	703
23.1	Vertikalpolarisierte VHF/UHF-Antennen	703
23.1.1	$\lambda/4$ -Antennen	703
23.1.1.1	Groundplane VHF/UHF	703
23.1.1.2	Helikonantenne	705
23.1.2	$\lambda/2$ -Antennen	705
23.1.2.1	Endgespeiste $\lambda/2$ -Antennen	707
23.1.2.1.1	Sperrtopfantenne	707
23.1.2.1.2	J-Antenne.	708
23.1.2.1.3	$\lambda/2$ -Antennen mit Anpassgliedern.	711
23.1.2.2	Mittengespeiste $\lambda/2$ -Antennen	712
23.1.2.2.1	Koaxialdipol VHF/UHF	713
23.1.2.2.2	$\lambda/2$ -Antennen mit Sperrgliedentkopplung	714
23.1.3	$5\lambda/8$ -Antennen	715
23.1.3.1	Endgespeiste $5\lambda/8$ -Antenne	715
23.1.3.1.1	Ringo Ranger II	716
23.1.3.2	Mittengespeiste $5\lambda/8$ -Antenne	717
23.1.3.2.1	IsoPole-Antenne	717
23.1.4	Kollineare Antennen.	718

23.1.5	Wendelantennen VHF/UHF (rund strahlend)	720
23.1.6	Mehrbandvertikalantennen VHF/UHF	722
23.2	Horizontal-polarisierte VHF/UHF-Antennen	723
23.2.1	Horizontale Dipole VHF/UHF	723
23.2.1.1	Winkeldipol (V-Antenne)	724
23.2.1.2	Knickdipol (U-Antenne)	724
23.2.1.3	Ringdipol (Halo-Antenne)	724
23.2.1.4	Quadratdipol (Squalo-Antenne)	726
23.2.1.5	Dipoldreieck	726
23.2.1.6	Dipolquadrat	727
23.2.1.7	<i>Alford-Loop</i>	728
23.2.1.8	Drehkreuzantennen (Turnstile)	728
23.2.1.8.1	Gerader Kreuzdipol	729
23.2.1.8.2	S-förmiger Kreuzdipol	731
23.2.1.8.3	Hakenförmiger Kreuzdipol (Swastika)	732
23.2.2	Horizontale Schleifen VHF/UHF	732
23.2.2.1	Ringschleife	732
23.2.2.2	Schleifendreieck	733
23.2.2.3	Schleifenquadrat	734
23.2.2.4	Kleeblattantenne (Cloverleaf)	734
23.2.2.5	Big-Wheel-Antenne	735
23.2.2.6	Malteserkreuzantenne	737
23.2.2.7	Eggbeaterantenn	738
23.2.2.8	Doppelquadrundstrahler	739
23.2.3	Schlitzanordnungen	741
23.2.3.1	Rohrschlitzantenne	741
23.2.3.2	Superturnstileantenne	743
23.3	Zirkularpolarisierte VHF/UHF-Antennen	743
23.3.1	Zirkularpolarisation (ZP)	743
23.3.2	ZP-Antennen	745
23.3.2.1	<i>Lindenblad-Antenne</i>	746
23.3.2.2	<i>Moxon-Rechteckpaar</i>	747
23.3.2.3	ZP-Antenne nach <i>Clapp</i>	747
23.3.2.4	ZP-Antenne nach <i>Riblet</i>	748
23.3.2.5	ZP-Antenne nach <i>Bogner</i>	748
23.3.2.6	ZP-Antenne nach <i>Onnigian</i>	749
23.3.2.7	ZP-Antenne nach <i>DuHamel</i>	749
23.3.2.8	ZP-Antenne nach <i>Nikolayuk</i>	750
23.3.2.9	ZP-Antenne nach <i>Donovan</i>	750
23.3.2.10	ZP-Antenne nach <i>Mahnad</i>	750
23.3.2.11	ZP-Antenne nach <i>Huber</i>	751
24	Richtantennen für VHF und UHF	757
24.1	<i>Yagi-Uda</i> -Antennen für VHF/UHF	757
24.1.1	Wirkungsweise und Gewinn von <i>Yagi</i> -Antennen	757
24.1.2	Hinweise zum Selbstbau	761
24.2	Kurz-/Lang- <i>Yagi</i> -Antennen	765
24.2.1	Kurz- <i>Yagi</i> -Antennen für 2 m	765
24.2.1.1	Zweielement- <i>Yagi</i> -Antenne	765
24.2.1.2	Dreielement- <i>Yagi</i> -Antenne	766
24.2.1.3	Sechselement- <i>Yagi</i> -Antenne	767
24.2.1.4	Neunelement- <i>Yagi</i> -Antenne	768
24.2.2	Kurz- <i>Yagi</i> -Antennen für 70 cm	768
24.2.2.1	Vierelement- <i>Yagi</i> -Antenne	769
24.2.2.2	Sechselement- <i>Yagi</i> -Antenne	769
24.2.3	Lang- <i>Yagi</i> -Antennen für 2 m	769

24.2.3.1	Sechselement-Lang-Yagi-Antenne (<i>DL2RSX</i>)	770
24.2.3.2	Zehnelement-Lang-Yagi-Antenne (<i>OK1DE</i>)	773
24.2.3.3	Lang-Yagi-Serie von <i>DL6WU</i>	774
24.2.3.4	Lang-Yagi-Serie von <i>DK7ZB</i>	776
24.2.4	Lang-Yagi-Antennen für 70 cm	778
24.2.4.1	Lang-Yagi-Serie von <i>DL6WU</i>	779
24.2.4.2	Achtzehelement-Breitband-Lang-Yagi	780
24.2.4.3	Lang-Yagi-Serie von <i>DK7ZB</i>	780
24.2.5	Mehrband-Yagis	783
24.2.5.1	Zweiband-Yagi nach <i>DK7ZB</i>	783
24.2.5.2	Dreiband-Yagi nach <i>DK7ZB</i>	784
24.3	Kreuz-Yagi-Antennen	786
24.4	Logarithmisch-periodische Antennen für VHF/UHF	791
24.4.1	Logarithmisch-periodische Dipolantenne (LPDA)	792
24.4.2	Logarithmisch-periodische V-Antenne (LPVA)	798
24.4.3	Logarithmisch-periodische Yagi-Antenne (LPYA)	799
24.5	<i>HB9CV</i> -Antennen für VHF/UHF	800
24.5.1	<i>HB9CV</i> -Antenne für 2 m	801
24.5.2	Erweiterte <i>HB9CV</i> -Antenne für 2 m	801
24.5.3	<i>HB9CV</i> -Antenne für 70 cm	802
24.5.4	Erweiterte <i>HB9CV</i> -Antenne für 70 cm	803
24.5.5	Duoband- <i>HB9CV</i> -Antenne (2 m/70 cm)	803
24.6	Quadantennen für VHF/UHF	804
24.6.1	Mehrelement-Quadantennen (VHF/UHF)	804
24.6.2	Quagiantenne	805
24.6.3	X-Quad	806
24.6.4	Duoband-Fensterquad	807
24.6.5	<i>DK7ZB</i> -Quadlongantenne	807
24.7	<i>Moxon</i> -Beam	808
24.8	Richtloopantennen für VHF/UHF	809
24.8.1	Einfache Richtloop für VHF/UHF	809
24.8.2	Deltaloopantennen für VHF/UHF	809
24.8.3	Ringbeam	810
24.8.4	Quadixantenne	811
24.9	Rhombusantennen für VHF/UHF	811
24.9.1	Rhombusantenne für VHF	811
24.9.2	Rhombusantenne für UHF	813
24.10	Wendelantennen für VHF/UHF	813
24.11	Winkelreflektor-Antennen für VHF/UHF	818
25	Gruppenantennen und gestockte Antennen für VHF und UHF	825
25.1	Gruppenantennen	825
25.1.1	Speisung von Gruppenantennen	826
25.1.2	Gruppenantennen mit Reflektoren	830
25.1.3	Gruppenantennen mit Reflektorwänden	831
25.1.4	Praxis der Gruppenantennen	832
25.1.4.1	Zwölfelement-Gruppenantenne für 2 m	832
25.1.4.2	Sechzehelement-Gruppenantenne für 2 m	833
25.1.4.3	Dreißigelement-Gruppenantenne für 2 m	835
25.1.4.4	Zwölfelement-Gruppenantenne für 70 cm	836
25.1.4.5	<i>HB9CV</i> -Gruppenantennen	836
25.2	Gestockte Yagi-Antennen	838
25.2.1	Prinzip der Superposition	839
25.2.2	Gruppenbildung mit optimalen Abständen	840
25.2.3	Erregung von Yagi-Gruppen	842
25.2.4	Praxis der Yagi-Gruppenantennen	843

25.2.4.1	Gruppenanordnungen mit der Sechselement-Lang-Yagi nach <i>DL2RSX</i>	844
25.2.4.2	Lang-Yagi-Gruppen für 70 cm	847
25.2.5	Sonderformen gestockter Yagi-Antennen	847
25.2.5.1	Gestockte Yagi-Antenne Sechs-über-sechs nach <i>OH2EW</i>	848
25.2.5.2	Gestockte Kurz-Yagi Vier-über-vier	849
25.2.5.3	<i>DL7KM</i> -Beam für 2 m	849
25.2.5.4	<i>DL7KM</i> -Beam für 70 cm	852
25.3	Gestockte Quadantennen	853
25.3.1	Cubical-Quad für VHF	853
25.3.2	Quadgruppen	854
25.3.2.1	Zweifach-Quadgruppe für 2 m	854
25.3.2.2	Vierfach-Quadgruppe für 2 m	854
25.3.3	Doppelquadsysteme	856
25.3.3.1	Doppelquad für 2 m	856
25.3.3.2	Doppelquad für 70 cm	857
25.3.4	Doppelquadgruppen	858
25.3.5	Vierfachquadsysteme	859
25.3.5.1	Vierfachquad für 2 m	859
25.3.5.2	Vierfachquad für 70 cm	859
25.3.6	Vierquadserie	860
25.3.7	Fünfqadantenne	861
25.3.8	Vorhang-Quadantenne	861
25.4	Gestockte Loopantennen	863
25.4.1	Doppelloops	863
25.4.2	Mehrfachloops	864
26	Sonderformen bei VHF- und UHF-Antennen	867
26.1	DDRR-Antenne	867
26.1.1	Viertelwellen-Ringantenne	867
26.1.2	Halbwellen-Ringantenne	867
26.1.3	DDRR-Antenne nach <i>N3GUC</i>	867
26.2	Doppeltgefalteter Monopol	868
26.3	Drei-D-Faltloop	868
26.4	Duoband-Fensterquad	869
26.5	Fraktale Antennen	869
26.5.1	Fraktale	869
26.5.2	Geschichte der Fraktalen Antennen	870
26.5.3	Aufbau der Fraktalen Antennen	871
26.6	Inverted-Antennen	872
26.6.1	Inverted-F-Antenne (IFA)	872
26.6.2	Planar-Inverted-F-Antenne	873
26.7	Mäanderantenne	874
26.8	Ventenna	875
26.9	Yagi-Sonderformen	875
26.9.1	Longbackfireantenne	875
26.9.2	Shortbackfireantenne	877
26.9.3	Cheap-Yagis	878
27	Frequenzunabhängige Antennen	881
27.1	Einführung	881
27.2	Theoretische Grundlagen	882
27.3	Logarithmisch-periodische Strukturen	885
27.4	Spiralantennen	887
27.4.1	Planare Spiralantennen	888
27.4.1.1	<i>Archimedische</i> Spiralantenne	888
27.4.1.2	Logarithmische Spiralantenne	888

27.4.2	Konische Spiralantenne	890
27.4.3	Sinuös-Antenne	891
27.5	Logarithmisch-periodische Dipolantenne (LPDA)	892
27.6	Logarithmisch-periodische V-Antenne (LPVA)	899
27.7	Logarithmisch-periodische Yagi-Antenne (LPYA)	900
27.8	Logarithmisch-periodische Monopolantenne (LPMA)	901
27.9	Logarithmisch-periodische Sonderantennen	903
27.9.1	Extended Aperture LPDA (EALPDA)	903
27.9.2	Spiralförmige Rundstrahl-LPDA	903
27.9.3	Trichterförmige Rundstrahl-LPDA	904
27.9.4	Kreuzförmige Rundstrahl-LPDA	904
28	Amateurfunkantennen für beweglichen Einsatz	909
28.1	Mobilantennen	909
28.1.1	HF-Mobilantennen	909
28.1.1.1	Mechanische Ausführung verkürzter Vertikalantennen	910
28.1.1.2	Elektrische Eigenschaften verkürzter Vertikalantennen	910
28.1.1.3	Verlängerungsspule für verkürzte Vertikalantennen	912
28.1.1.4	Anpassung verkürzter Vertikalantennen	914
28.1.1.5	Bemessungsangaben für verkürzte Vertikalantennen	917
28.1.1.6	Verkürzte Vertikalantennen mit verteilter Induktivität	918
28.1.1.7	Stromverteilung auf Verlängerungsspulen	919
28.1.1.8	Antennenbefestigung (HF mobil)	921
28.1.2	VHF/UHF-Mobilantennen	921
28.1.2.1	Antennenart (VHF/UHF)	922
28.1.2.2	Antennenbefestigung (VHF/UHF mobil)	923
28.1.2.3	Antennenkabellänge (VHF/UHF)	924
28.2	Portabelantennen	924
28.2.1	HF-Portabelantennen	924
28.2.2	VHF/UHF-Portabelantennen	927
28.3	Amateurfunk-Peilantennen	928
28.3.1	Amateurfunkpeilen	928
28.3.2	Fuchsjagd-Peilantennen (80 m)	929
28.3.3	Fuchsjagd-Sendeantennen (80 m)	933
28.3.4	Fuchsjagd-Peilantennen (2 m)	934
28.3.5	Fuchsjagd-Sendeantennen (2 m)	937
28.4	Maritmantennen	937
28.4.1	Maritime Netze	937
28.4.2	Segel-/Motorbootantennen	938
28.4.3	HF-Erde auf Booten	940
28.4.4	Blitzschutz auf Booten	940
29	Antennen für den Hörfunk- und Fernsehempfang	945
29.1	Wellenausbreitung in den Bereichen des AM-Hörfunks	945
29.1.1	Ausbreitungseigenschaften der Langwellen	945
29.1.2	Ausbreitungseigenschaften der Mittelwellen	946
29.1.3	Ausbreitungseigenschaften der Kurzwellen	946
29.2	Empfangsantennen für Lang-, Mittel- und Kurzwelle	947
29.2.1	Lang- und Mittelwellen-Empfangsantennen	948
29.2.1.1	L- und T-Antennen	948
29.2.1.2	Langdrahtantennen	949
29.2.1.3	Ferritstabantennen	949
29.2.2	Kurzwellen-Empfangsantennen	950
29.2.2.1	Breitbandempfangsantennen	951
29.2.2.2	SWL-Fächerantennen	952
29.2.2.3	SWL-Sloperantennen	953

29.2.2.4	SWL-Sperrkreisantennen	953
29.2.2.5	SWL-Windom-Antenne	954
29.2.3	Aktivantennen	954
29.3	FM-Empfangsantennen	954
29.3.1	FM-Rundempfangsantennen	955
29.3.2	FM-Richtempfangsantennen	955
29.3.2.1	Einelement-FM-Antenne	955
29.3.2.2	Zweielement-FM- <i>Yagi</i> -Antenne	955
29.3.2.3	Dreielement-FM- <i>Yagi</i> -Antenne	956
29.4	VHF-Fernsehempfangsantennen	956
29.4.1	VHF-Fernseh- <i>Yagi</i> -Antennen	957
29.4.1.1	Vierelement-VHF-Fernseh- <i>Yagis</i>	957
29.4.1.2	Sechselement-VHF-Fernseh- <i>Yagis</i>	958
29.4.1.3	Achtelement-VHF-Fernseh- <i>Yagis</i>	959
29.4.1.4	Neunelement-VHF-Fernseh- <i>Yagis</i>	959
29.4.2	Gestockte VHF-Fernseh- <i>Yagi</i> -Antennen	960
29.4.3	VHF-Fernseh-Gruppenantennen	962
29.5	UHF-Fernsehempfangsantennen	963
29.5.1	UHF-Fernseh- <i>Yagi</i> -Antennen	963
29.5.2	UHF-Fernseh-Reflektorwand-Antenne	963
29.5.3	UHF-Fernseh-Winkelreflektor-Antenne	966
29.5.4	Logarithmisch-periodische UHF-Fernsehantenne	966
29.6	Weitere Empfangsantennen	967
29.6.1	Stationäre Innenantennen	967
29.6.1.1	Gehäuseantennen	967
29.6.1.2	Zimmerantennen	967
29.6.2	Mobile Empfangsantennen	968
29.6.2.1	Autoradioantennen	969
29.6.2.2	Mobile TV-Antennen	971
29.6.2.3	Integrierte Antennensysteme	972
29.7	DVB	972
29.7.1	DVB-T	972
29.7.1.1	DVB-T-Antennen	973
29.7.2	DVB-H	974
29.7.2.1	DVB-H-Antennen	975
29.7.3	DVB-S	975
29.7.3.1	Satelliten	976
29.7.3.2	DVB-S-Antennen	978
29.7.3.3	Ausrichtung der Satellitenantennen	980
30	Antennen für 160 m, 11 m und 6 m	983
30.1	Infos zum 160-m-Band	983
30.1.1	Antennen für 160 m	983
30.1.1.1	Horizontalantennen für 160 m	983
30.1.1.2	Empfangsantennen für 160 m	986
30.1.1.3	Vertikalantennen für 160 m	987
30.2	Infos zum 11-m-Band	991
30.2.1	Antennen für 11 m (CB-Antennen)	992
30.2.1.1	Gewinn von CB-Antennen	992
30.2.1.1.1	Gewinnangaben bei CB-Antennen	992
30.2.1.1.2	Praktische Gewinnberechnungen	993
30.2.1.2	Vertikalantennen für 11 m	994
30.2.1.2.1	CB-Basisantennen	995
30.2.1.2.2	CB-Mobilantennen	996
30.2.1.3	Richtantennen für 11 m	998
30.2.1.4	Andere Antennen für 11 m	999

30.3	Infos zum 6-m-Band	999
30.3.1	Antennen für 6 m	999
30.3.1.1	Horizontalantennen für 6 m	999
30.3.1.2	Richtantennen für 6 m	1002
31	Antennenmessgeräte, Messungen, Messzubehör	1009
31.1	Antennenmessgeräte	1009
31.1.1	Strommesser	1009
31.1.1.1	Thermoumformer	1009
31.1.1.2	Stromwandler	1010
31.1.1.3	Gleichrichter-Strommesser	1011
31.1.1.4	Mantelwellen-Strommesser	1011
31.1.2	Spannungsmesser	1011
31.1.3	Leistungsmesser	1012
31.1.3.1	Abschlussleistungsmesser	1012
31.1.3.2	Endleistungsmesser	1013
31.1.3.3	Durchgangsleistungsmesser	1014
31.1.4	Resonanzmesser (Dipmeter)	1014
31.1.4.1	Röhren-Dipmeter (Grid-Dipper)	1014
31.1.4.2	Grid-Dipmeter für VHF/UHF	1016
31.1.4.3	Kombinierte Grid-Dipmeter	1016
31.1.4.4	Halbleiter-Dipmeter	1017
31.1.5	Stehwellenmesser	1019
31.1.5.1	Reflektometer	1020
31.1.5.1.1	Frequenzabhängige Reflektometer	1022
31.1.5.1.2	Frequenzunabhängiges Reflektometer	1025
31.1.5.2	VSWR-Messbrücken	1025
31.1.6	Impedanzmesser	1028
31.1.6.1	Impedanzmessbrücken	1028
31.1.6.1.1	Antennascope	1028
31.1.6.1.2	Matchmaker	1030
31.1.6.2	Antennenrauschbrücke	1031
31.1.6.3	3-M-Impedanzmesseinheit	1033
31.1.7	Messleitung	1033
31.1.8	Analysatoren	1035
31.1.8.1	Skalare Analysatoren	1035
31.1.8.2	Vektorielle Analysatoren	1035
31.1.9	Feldstärkemesser	1036
31.2	Messungen	1038
31.2.1	Resonanzmessung	1038
31.2.2	Anpassungsmessung	1039
31.2.2.1	Messungen mit Reflektometer	1039
31.2.2.2	Messungen mit VSWR-Brücken	1040
31.2.3	Eingangswiderstandsmessung	1040
31.2.4	Leitungsmessung	1042
31.2.5	Gewinnmessung	1044
31.2.5.1	Messstrecke	1044
31.2.5.2	Vergleichsgewinnmessung	1045
31.2.5.3	Absolutgewinnmessung	1046
31.2.6	Modellmessung	1048
31.3	Messzubehör	1049
31.3.1	Dämpfungsglieder/Eichleitungen	1049
31.3.2	Anpassglieder	1052
31.3.3	Verteiler/Summierer	1053
31.3.3.1	Resistive Verteiler/Summierer	1053
31.3.3.1.1	Zweifachverteiler	1053

31.3.3.1.2	Dreifachverzweigung	1054
31.3.3.1.3	Vierfachverzweigung	1054
31.3.3.2	Reaktive Verteiler/Summierer	1055
31.3.3.2.1	0°-Verteiler (0°-Hybrid)	1055
31.3.3.2.2	90°-Verteiler (90°-Hybrid)	1056
31.3.3.2.3	180°-Verteiler (180°-Hybrid)	1056
31.3.4	Abschlusswiderstände	1057
31.3.4.1	Messwiderstände	1057
31.3.4.2	Lastwiderstände	1057
31.3.4.2.1	Lampen	1057
31.3.4.2.2	Leistungswiderstände	1058
31.3.5	Antennennachbildungen	1059
31.3.6	Absorber	1059
32	Symbolische Methode, Ortskurven, Kreisdiagramme	1065
32.1	Symbolische Methode	1065
32.1.1	Sinusförmige Wechselgrößen	1065
32.1.1.1	Zeitlicher Verlauf von sinusförmigen Wechselgrößen	1065
32.1.1.2	Komplexe Darstellung sinusförmiger Wechselgrößen	1065
32.1.2	Komplexe Zahlen	1066
32.1.2.1	<i>Gaußsche</i> Zahlenebene	1066
32.1.2.2	Darstellung komplexer Zahlen	1067
32.1.3	Komplexer Widerstand	1068
32.2	Ortskurven	1069
32.3	Kreisdiagramme	1070
32.3.1	<i>Buschbeck</i> -Diagramm	1071
32.3.2	<i>Smith</i> -Diagramm	1072
32.3.3	<i>Carter</i> -Diagramm	1073
32.4	Arbeiten mit dem <i>Smith</i> -Diagramm	1074
32.4.1	Normierung	1075
32.4.2	Dehnung	1075
32.4.3	Umwandlung von Widerständen in Leitwerte	1075
32.4.4	Widerstandstransformationen	1079
32.4.4.1	Reihenschaltung von Widerständen	1079
32.4.4.2	Parallelschaltung von Widerständen	1080
32.4.4.3	Transformation mit zwei Blindwiderständen	1082
32.4.5	Leitungstransformationen	1084
32.4.5.1	Reflexionsfaktor und Welligkeit einer Leitung	1084
32.4.5.2	Eingangswiderstand einer Leitung	1085
33	Praktischer Antennenbau	1089
33.1	Werkstoffe	1089
33.1.1	Metalle	1089
33.1.2	Kunststoffe	1092
33.2	Korrosion/Korrosionsschutz	1094
33.2.1	Korrosion	1094
33.2.2	Korrosionsschutz	1095
33.2.2.1	Aktiver Schutz	1095
33.2.2.2	Passiver Schutz	1095
33.3	Sicherheit von Antennen	1096
33.3.1	Belastung/Festigkeit von Antennenmaterial	1096
33.3.2	Statik von Antennenmasten	1097
33.3.3	Mechanische Sicherheit von Antennenanlagen	1098
33.3.4	Elektrische Sicherheit von Antennenanlagen	1099
33.4	Antennenmaterial	1100
33.4.1	Antennenleiter	1100

33.4.1.1	Antennendrähte/-litzen	1100
33.4.1.2	Antennenrohre	1103
33.4.2	Abspannseile	1103
33.4.2.1	Drahtseile	1104
33.4.2.2	Kunststoffseile	1105
33.4.3	Abspannzubehör	1108
33.4.4	Antennenverbinder	1110
33.4.5	Spulen, Kondensatoren und Schwingkreise	1111
33.5	Antennenmasten	1113
33.5.1	Masten/Rohre	1113
33.5.1.1	Gittermasten	1113
33.5.1.2	Rohrmasten	1115
33.5.1.3	Schiebemasten	1115
33.5.1.4	Steckmasten	1117
33.5.1.5	Teleskopmasten	1117
33.5.2	Mast- und Montagezubehör	1118
33.5.3	Mastaufstellung, -befestigung und -abspannung	1120
33.5.3.1	Mastaufstellung	1120
33.5.3.2	Mastbefestigung	1120
33.5.3.3	Mastabspannung	1120
33.5.4	Masten als Strahler	1120
33.6	Rotoren	1120
33.6.1	Technische Daten von Rotoren	1120
33.6.2	Hersteller von Rotoren	1121
33.6.3	Rotorzubehör	1122
33.7	Antennenaufbau	1122
33.8	Errichtung von Antennen	1124
33.8.1	Antennenvorschriften	1124
33.8.2	Genehmigungen	1125
33.8.3	Antrag zur Errichtung einer Außenantenne	1126
33.8.4	Antennenvertrag	1128
33.8.5	Versicherung	1128
34	Blitzschutz, Erdung und Überspannungsschutz	1133
34.1	Historische Entwicklung von Blitz- und Überspannungsschutz	1133
34.2	Blitz-/Erdungs- und Überspannungsbegriffe	1134
34.2.1	Blitz- und Blitzschutzbegriffe	1134
34.2.2	Erdungs- und Korrosionsbegriffe	1135
34.2.3	Ableiter- und Überspannungsbegriffe	1137
34.3	Blitz- und Erdungsgrundlagen	1138
34.3.1	Blitz	1138
34.3.1.1	Entstehung	1139
34.3.1.1.1	Blitztypen	1139
34.3.1.2	Wirkungen und Schäden von Blitzen	1139
34.3.2	Erdung	1140
34.3.2.1	Werkstoffe	1140
34.3.2.2	Korrosion	1140
34.3.2.3	Erdungsmessung	1141
34.4	Überspannungsschutzgeräte	1144
34.4.1	Überspannungsableiter	1144
34.4.1.1	Funkenstrecken	1145
33.4.1.2	Koaxialableiter	1145
33.4.1.2.1	Breitbandige Koaxialableiter	1145
33.4.1.2.2	Schmalbandige Koaxialableiter	1148
34.4.1.3	Steuerleitungsableiter	1149
34.4.1.4	Gasableiterpatronen	1149

34.4.2	Überspannungsbegrenzer	1151
34.4.2.1	Varistoren	1151
34.4.2.2	Dioden	1151
34.4.3	Überspannungsstufenschutz	1152
34.4.4	Überspannungsadapter	1152
34.5	Blitzschutz-Anwendungen	1154
34.5.1	Blitzschutz von Personen	1154
34.5.2	Blitz-/Überspannungsschutz von Antennensystemen	1154
34.5.2.1	Blitz-/Überspannungsschutz von Empfangsanlagen	1155
34.5.2.2	Blitz-/Überspannungsschutz von Funkanlagen	1156
34.5.2.2.1	Schutz von Funkanlagen mit Dachmasten	1157
34.5.2.2.2	Schutz von Funkanlagen mit freistehenden Masten	1157
34.5.2.2.3	Blitzschutz bei selbststrahlenden Sendemasten	1159
34.6	Blitzschutz-Bestimmungen	1159
35	Sonderantennen	1165
35.1	Stationäre Sonderantennen	1165
35.1.1	Rundfunk	1165
35.1.1.1	LW- und MW-Sendeantennen	1165
35.1.1.2	Kurzwellen-Sendeantennen	1166
35.1.1.3	UKW- und TV-Sendeantennen	1169
35.1.2	Mobilfunk-Basisstationsantennen	1170
35.1.3	Funkpeilung	1173
35.1.3.1	Historische Entwicklung Funkpeilung	1173
35.1.3.2	Peilverfahren	1173
35.1.3.2	Peilerantennen	1176
35.1.4	Radar	1176
35.1.4.1	Historische Entwicklung des Radars	1177
35.1.4.2	Radarverfahren	1177
35.1.4.2.1	Radarfrequenzen	1177
35.1.4.2.2	Radargeräte	1177
35.1.4.2.3	Radaranlagen	1178
35.1.4.3	Radaranntennen	1179
35.1.4.3.1	Parabolantennen	1179
35.1.4.3.2	Phased Array Antennen	1179
35.1.5	Richtfunk	1179
35.1.5.1	Richtfunkantennen	1179
35.1.5.1.1	Umlenkantenne	1181
35.1.5.1.2	Periskopantenne	1182
35.2	Mobile Sonderantennen	1183
35.2.1	Mobilfunk	1183
35.2.1.1	Mobilantennen	1185
35.2.1.2	„Handy“-Antennen	1187
35.2.2	Seefunk	1188
35.2.2.1	Schiffs-Kommunikationsantennen	1188
35.2.2.2	Weitere Schiffs-Antennen	1188
35.2.3	Flugfunk	1190
35.2.3.1	Flug-Kommunikationsantennen	1191
35.2.3.2	Flug-Navigationsantennen	1192
35.2.3.3	Flug-Identifikationsantennen	1192
35.3	Portable Sonderantennen	1192
35.3.1	Aufsteckantennen	1192
35.4	Scannerantennen	1193
35.4.1	Aufsteckantennen	1193
35.4.2	Innenantennen	1194
35.4.3	Außenantennen	1194

36	Mikrowellenantennen	1197
36.1	<i>Yagi</i> -Antennen	1197
36.1.1	Zweielement- <i>Yagis</i> für 23 cm und 13 cm	1197
36.1.2	Vierelement- <i>Yagi</i> für 23 cm	1197
36.2	Loop- <i>Yagis</i>	1198
36.2.1	Loop- <i>Yagi</i> für 23 cm	1198
36.2.2	Loop- <i>Yagi</i> für 13 cm	1199
36.3	Quadantennen	1199
36.3.1	Doppelquadantennen	1199
36.3.1.1	Doppelquad für 23 cm	1199
36.3.1.2	Doppelquad für 13 cm	1200
36.3.2	Vierfachquadantennen	1200
36.3.2.1	Vierfachquad für 23 cm	1200
36.3.2.2	Vierfachquad für 13 cm	1200
36.4	Gruppenantennen	1201
36.4.1	Sechselementgruppe für 23 cm	1201
36.4.2	Sechselementgruppe für 13 cm	1201
36.4.3	Vierzelementgruppe für 23 cm	1202
36.5	Wendelantennen	1202
36.5.1	Wendelantenne für 23 cm	1203
36.5.2	Quadrifilar-Helixantenne	1204
36.6	Reflektorantennen	1205
36.6.1	Reflektoren	1205
36.6.2	Spiegelantennen	1206
36.6.2.1	Dipol vor Reflektorebene	1206
36.6.2.2	Reflektorwand-Antenne	1207
36.6.2.3	Eckenreflektor-Antennen	1208
36.6.2.3.1	Winkelreflektor-Antenne	1209
36.6.2.3.2	Drei-D-Eckenreflektor-Antenne	1209
36.6.2.4	Parabolantennen	1211
36.6.2.4.1	Rotationsparaboloid	1211
36.6.2.4.2	Offsetantennen	1212
36.6.2.4.3	<i>Cassegrain</i> -Antenne	1212
36.6.2.4.4	<i>Gregory</i> -Antenne	1213
36.6.3	Erreger (Primärstrahler)	1213
36.6.3.1	Hohlleiterantennen	1213
36.6.3.2	Dipolringantennen	1213
36.6.4	Leitscheibenantennen	1214
36.6.5	Passive Reflektoren	1214
36.6.5.1	Radarquerschnitt (RCS)	1214
36.6.5.2	Retroreflektoren	1216
36.6.5.3	Radartäuschung (Düppel)	1217
36.7	Schlitzantennen	1217
36.7.1	Ebene Schlitzantennen	1218
36.7.2	Rohrschlitzantennen	1218
36.7.3	Skelettschlitzantenne	1219
36.7.4	Hohlleiter-Schlitzantennen	1219
36.8	Hornantennen	1220
36.8.1	Hohlleiter	1221
36.8.2	Sektorhorn	1222
36.8.3	Pyramidenhorn	1223
36.8.4	Kegelhorn	1224
36.8.5	Doppelsteghorn	1224
36.8.6	Rillenhorn	1225
36.9	Linsenantennen	1225

36.9.1	Konvexe Verzögerungslinse	1225
36.9.2	Konkave Beschleunigungslinse	1226
36.9.3	<i>Fresnel</i> -Linse	1227
36.9.4	<i>Luneburg</i> -Linse	1227
36.9.5	<i>Rotman</i> -Linse	1228
36.10	Mikrostripantennen	1228
36.10.1	Patchelement	1228
36.10.2	Patchgruppe	1228
36.11	Dielektrische Antennen	1229
36.11.1	Dielektrische Rohrstrahler	1229
36.11.2	Dielektrischer Stielstrahler	1229
37	Antennenzubehör	1235
37.1	Koaxiale Steckverbinder	1235
37.1.1	Allgemein	1235
37.1.2	Steckertypen	1236
37.1.2.1	Betriebsstecker	1236
37.1.2.2	Miniaturstecker	1239
37.1.2.3	Messstecker	1241
37.2	Antennenschalter	1243
37.2.1	Koaxialschalter	1243
37.2.2	Koaxialrelais	1243
37.2.3	Halbleiterschalter	1244
37.3	Vorverstärker	1245
37.3.1	Einleitung	1245
37.3.2	Begriffe	1245
37.3.2.1	Rauschen	1245
37.3.2.2	Intermodulation	1247
37.3.2.3	Intercept-Punkte	1248
37.3.2.4	1-dB-Kompressionspunkt	1250
37.3.2.5	Dynamikbereich	1250
37.3.3	Systemdaten von Empfangsanlagen	1250
37.3.3.1	KW-Anlage	1250
37.3.3.2	UKW-Anlage	1251
37.3.4	Antennenverteiler	1252
37.4	Antennenweichen	1253
37.4.1	Frequenzweichen	1253
37.4.1.1	Diplexer	1253
37.4.1.2	Triplexer	1255
37.4.2	Kanalweichen	1256
37.4.2.1	Duplexer	1257
37.5	Wetterschutz (Radom)	1257
38	Antenneninformationen	1261
38.1	Allgemeine Antenneninformationen	1261
38.1.1	Grundregeln für Anfänger	1261
38.1.2	Fehler beim Antennenbau	1262
38.1.3	Optimale Antennenhöhe	1263
38.1.4	Antennen und ihre Umgebung	1264
38.2	HF-Antennen	1266
38.2.1	Die beste Antenne für DX	1266
38.2.2	Gewinnangaben bei HF-Antennen	1267
38.2.3	Betrachtungen zu Beamantennen	1268
38.2.4	Kurzwellenausbreitung	1270
38.3	VHF/UHF-Antennen	1274
38.3.1	Polarisation der VHF/UHF-Antennen	1274

38.3.2	Aufbau und Einsatz von VHF/UHF-Antennen	1275
38.3.3	Auswahl einer VHF/UHF-Antenne	1276
38.3.4	Die Wahrheit über VHF/UHF-Antennen	1277
38.4	Referenzantennen	1278
38.4.1	Gewinnstandard	1279
38.4.2	Referenzantennen für VLF-HF	1279
38.4.3	Referenzantennen für VHF/UHF.	1280
38.4.4	Referenzantennen für Mikrowellen	1284
39	EMV	1287
39.1	Begriffsdefinition	1287
39.2	Ausbreitung und Messung	1289
39.3	EMV-Antennen	1290
39.4	EMV-Normung	1291
39.5	Störungen und störende Beeinflussungen.	1294
39.5.1	Funkstörungen	1294
39.5.2	Störungen von Geräten und Anlagen	1294
39.6	Filter	1295
39.6.1	Tiefpass	1298
39.6.2	Hochpass	1299
39.6.3	Bandpass	1301
39.6.4	Bandsperr	1301
39.7	Entstörmittel für Amateurfunksender	1302
39.7.1	Tiefpassfilter für QRP-Sender.	1302
39.7.2	Zweifachtiefpassfilter	1303
39.7.3	Dreifachtiefpassfilter	1304
39.7.4	Mantelwellensperre	1305
39.7.5	Tiefpassfilter für VHF-Sender.	1305
39.8	Entstörmittel für Geräte der Unterhaltungselektronik	1308
39.8.1	Tiefpassfilter	1309
39.8.2	Hochpassfilter	1309
39.8.3	RF-Trenntransformator	1310
39.8.4	RF-Stichleitung	1311
39.8.5	RF-Notchfilter	1312
39.8.6	Anderer Entstörmittel	1312
39.8.6.1	Netzdrossel	1313
39.8.6.2	Lautsprecherdrossel	1313
39.8.6.3	Entstörglieder	1313
39.9	Störungssuche	1314
39.9.1	Suche nach beeinflussbaren Geräten	1314
39.9.2	Suche nach störenden Geräten	1315
39.10	Ferrite	1315
40	EMVU	1319
40.1	Elektromagnetische Strahlung	1319
40.1.1	Einführung	1319
40.1.2	Spektrum	1320
40.1.3	Begriffe	1321
40.1.4	Wirkungen	1322
40.1.5	Grenzwerte und Mindestabstände	1325
40.1.6	Zusammenfassung.	1326
40.2	Messung der elektromagnetischen Strahlung	1327
40.2.1	Fernfeldmessung	1327
40.2.1.1	Feldstärkemesser	1328
40.2.1.2	Messantennen	1329
40.2.2	Nahfeldmessung	1330

40.2.2.1	Nahfeldstärkemesser	1330
40.2.3	Strahlungsmesser	1331
40.3	Hinweise für Messung und Berechnung	1332
40.3.1	Praktische Hinweise für die Messung	1333
40.3.2	Praktische Hinweise für die Berechnung	1333
40.3.2.1	<i>EIRP</i> -Berechnung	1333
40.3.2.2	Feldstärkegrenzwerte	1334
40.3.2.3	Ermittlung des Sicherheitsabstandes	1335
40.3.2.4	Berücksichtigung der Winkeldämpfung	1336
40.4	Normung	1338
40.4.1	Organisationen	1338
40.4.2	Vorschriften	1339
41	Programme (Software)	1343
41.1	Einleitung	1343
41.2	Softwareeinteilung	1343
41.3	Allgemeine Programme	1345
41.4	Antennenprogramme	1347
41.4.1	Antennenanalyse	1347
41.4.2	Erste Antennenprogramme	1348
41.4.3	Ältere Antennenprogramme	1348
41.4.4	Neuere Antennenprogramme	1350
41.4.5	Andere Antennenprogramme	1353
41.4.6	Freeware Antennenprogramme	1354
41.4.7	Professionelle Antennenprogramme	1356
41.5	Ausbreitungsprogramme	1356
41.6	EMVU-Programme	1363
42	Literaturverzeichnis	1369
42.1	Allgemeines	1369
42.2	Antennenbücher	1370
42.3	Antennenberichte	1383
42.4	Antennentagungsberichte	1386
42.5	Fachzeitschriften	1389
42.6	Amateurfunkzeitschriften	1391
43	Anhang	1393
43.1	Frequenzen	1393
	Tab. 43.1.1 Frequenzen und Wellen	1393
	Tab. 43.1.2 Amateurfunkfrequenzen	1394
	Tab. 43.1.3 Rundfunkfrequenzen	1395
	Tab. 43.1.4 KW-Rundfunkfrequenzen	1396
	Tab. 43.1.5 ISM-Frequenzen	1396
	Tab. 43.1.6 Hohlleiterfrequenzen	1397
	Tab. 43.1.7 Mikrowellen-Spektrum	1398
43.2	Kanäle	1399
	Tab. 43.2.1 Amateurfunk-Kanäle	1399
	Tab. 43.2.2 CB-Funk-Kanäle	1400
	Tab. 43.2.3 Freenet-Kanäle	1401
	Tab. 43.2.4 SRD-Kanäle	1401
	Tab. 43.2.5 PMR-/DMR-Kanäle	1402
	Tab. 43.2.6 Europäische Fernsehkanäle	1403
43.3	Antennenlängen	1406
	Tab. 43.3.1 Langdrahtantennen	1406
43.4	Koaxialkabel	1408
	Tab. 43.4.1A Koaxialkabel - US-Standardtypen neu (Spezifikation)	1408

	Tab. 43.4.1B	Koaxialkabel - US-Standardtypen neu Dämpfung)	1409
	Tab. 43.4.2	Koaxialkabel - US-Standardersatztypen	1410
	Tab. 43.4.3	Koaxialkabel - neuere Typen	1411
43.5	Internationales Einheitensystem SI		1412
	Tab. 43.5.1A	SI-Basiseinheiten	1412
	Tab. 43.5.1B	Ergänzende SI-Einheiten	1412
	Tab. 43.5.2	Einheiten-Vorsätze	1412
	Tab. 43.5.3	Abgeleitete SI-Einheiten	1413
43.6	Umrechnungen		1414
	Tab. 43.6.1	Frequenz/Wellenlänge	1414
	Tab. 43.6.2	dB/Strom-Spannung/Leistung	1415
	Tab. 43.6.3	Leistungstabelle	1417
	Tab. 43.6.4	Welligkeit s /Reflexionsfaktor r /Rückflusdämpfung a	1418
	Tab. 43.6.5	Leistung/Spannung	1418
	Tab. 43.6.6	Feldstärke/Leistungsdichte	1419
43.7	UK-/US-Tabellen		1421
	Tab. 43.7.1	UK- und US-Einheiten/Metrische Einheiten	1421
	Tab. 43.7.2	Zollbruchteile/Millimeter	1421
	Tab. 43.7.3	Fuß + Zoll/Meter	1422
	Tab. 43.7.4	US- und UK-Drahtlehren	1423
43.8	Konstanten		1424
	Tab. 43.8.1	Physikalische Konstanten	1424
	Tab. 43.8.2	Mathematische Konstanten	1424
43.9	Abkürzungen		1425
	Tab. 43.9.1	Dezibelabkürzungen	1425
	Tab. 43.9.2	Ländercodes für Patente	1426
43.10	Diagramme		1428
44	Nachtrag		1433
	Zu Kap. 1.1.2	Allgemeine Begriffe	1433
	Zu Kap. 1.1.3	Mathematische Begriffe	1433
	Zu Kap. 1.1.5	Koordinatensysteme	1433
	Zu Kap. 1.1.6	<i>Maxwellsche</i> Gleichungen	1433
	Zu Kap. 1.1.7	<i>Poyntingscher</i> Vektor	1434
	Zu Kap. 1.1.8	Reziprozitätstheorem	1434
	Zu Kap. 1.3.2	Feldwellenwiderstand	1434
	Zu Kap. 1.3.3	Antennenfeldzonen	1434
	Zu Kap. 2.4.1	<i>Mögel-Dellinger</i> -Effekt	1434
	Zu Kap. 2.5	Wellenausbreitung	1434
	Zu Kap. 2.10.1	Sporadic-E	1434
	Zu Kap. 2.10.8	Erde/Mond/Erde (EME)	1434
	Zu Kap. 2.13	Funkprognosen	1435
	Zu Kap. 2.13.4	<i>K</i> - und <i>A</i> -Index	1435
	Zu Kap. 2.13.5	Grenzfrequenzen (f_0F_2 /MUF/LUF)	1435
	Zu Kap. 2.15	Freiraumausbreitung	1435
	Zu Kap. 2.3.3	Sonnenflecken	1435
	Zu Kap. 4	Antennenkenngößen	1435
	Zu Kap. 4.6	Richtfaktor	1435
	Zu Kap. 4.7	Gewinn	1435
	Zu Tabelle 4.1	Antennentabelle	1435
	Zu Kap. 4.7.1	Strahlungsleistungen	1436
	Zu Kap. 4.10	Verkürzungsfaktor	1436
	Zu Kap. 4.11	Güte und Bandbreite	1436
	Zu Kap. 4.12	Richtcharakteristik	1437
	Zu Kap. 4.15	Antennenfaktor	1437
	Zu Kap. 4.16	Antennenrauschtemperatur	1437

Zu Kap. 5	Leitungen	1437
Zu Kap. 5.1	Eindrahtleitung	1437
Zu Kap. 5.5	Zweidrahtleitungen	1438
Zu Kap. 5.8	Vorgänge auf Leitungen	1438
Zu Kap. 6.3.1	L-Glied	1439
Zu Kap. 6.4.1	Pi-Glied	1439
Zu Kap. 6.7.3	Breitbandübertrager	1439
Zu Kap. 7.1	Einführung (Baluns)	1439
Zu Kap. 7.3.1	Übertrager	1439
Zu Kap. 7.3.1.4	Leitungsübertrager	1440
Zu Kap. 7.3.2	Umwegleitungen.	1440
Zu Kap. 7.3.2.1	Halbwellenumwegleitung	1440
Zu Kap. 7.3.3.1	EMI-Schleife	1440
Zu Kap. 7.4	Sperrglieder	1440
Zu Kap. 7.4.2.2	Kabeldrossel	1441
Zu Kap. 7.5.10	Gamma-Anpassung.	1441
Zu Kap. 8.2	Anpassgeräte	1441
Zu Kap. 8.2.3	Symmetrische Antennenkoppler	1441
Zu Kap. 9.1.1.2.3	Endgespeiste Dipole mit Koaxialkabel	1441
Zu Kap. 9.3	Inverted-V-Dipole	1441
Zu Kap. 9.5.1	Faltdipol.	1441
Zu Kap. 9.8	Wendeldipole	1441
Zu Kap. 10.4	Endgespeiste Multibandantennen	1441
Zu Kap. 10.4.6	Multibandantennen mit Unun	1442
Zu Kap. 10.6.1	Sperrkreise	1442
Zu Kap. 11	Langdrahtantennen	1442
Zu Kap. 11.2.1.1	<i>Beverage</i> -Antenne	1442
Zu Kap. 12.2.2.2	Diskonantennen	1442
Zu Kap. 13.2.2.1	ZL-Spezial	1442
Zu Kap. 14.1	Kleine Schleifenantennen (Rahmen).	1442
Zu Kap. 14.1.9	Magnetische Spezialantennen	1442
Zu Kap. 14.2.3	Vertikale Schleifen	1442
Zu Kap. 17.1	Einführung	1443
Zu Kap. 17.2	<i>Yagi</i> -Beams	1443
Zu Kap. 17.2.1	Geschichte der <i>Yagi-Uda</i> -Antenne	1443
Zu Kap. 17.2.2.2	Dimensionierung.	1443
Zu Kap. 17.2.2.4.2	Loop Fed Array (LFA) <i>Yagi</i>	1443
Zu Kap. 17.2.3.1.2	<i>Fritzel</i> -Beam	1443
Zu Kap. 17.2.3.1.4	<i>KLM</i> -Beam	1443
Zu Kap. 17.2.4.3	<i>Moxon</i> -Beam	1443
Zu Kap. 17.3.2	Multiband-Beams	1443
Zu Kap. 18.3	Gegengewicht.	1444
Zu Kap. 18.3.1	Gegengewichtsformen.	1444
Zu Kap. 19.2	Vertikalantennen, Antennenkenngößen	1444
Zu Kap. 19.3	Kurze Vertikalantennen	1444
Zu Kap. 19.5.2	Koaxialdipol	1444
Zu Kap. 19.5.4	J-Antennen, HF	1444
Zu Kap. 19.7.3	Vertikalantennen, gewendelt	1444
Zu Kap. 19.9.2	T-Antennen	1444
Zu Kap. 20.4.1	Hy-Tower	1445
Zu Kap. 20.7	Mehrband-T-Antennen	1445
Zu Kap. 21.2	DDRR-Antennen	1445
Zu Kap. 22	Vertikale Richtantennen	1445
Zu Kap. 23.1.2.1.2	J-Antenne	1445
Zu Kap. 23.1.2.2.1	Koaxialdipol	1445
Zu Kap. 23.2	Horizontalpolarisierte VHF/UHF-Antennen	1445

Zu Kap. 23.2.1.3	Ringdipol (Halo-Antenne)	1445
Zu Kap. 23.2.2.5	Big-Wheel-Antenne	1445
Zu Kap. 24	Richtantennen für VHF und UHF	1445
Zu Kap. 24.2	Kurz-/Lang- <i>Yagi</i> -Antennen	1445
Zu Kap. 24.2.1	Kurz- <i>Yagi</i> -Antennen für 2 m	1445
Zu Kap. 24.5	<i>HB9CV</i> -Antennen für VHF/UHF	1445
Zu Kap. 24.7	<i>Moxon</i> -Beam	1446
Zu Kap. 27.5	Logarithmisch-periodische Dipolantenne (LPDA)	1446
Zu Kap. 27.6	Logarithmisch-periodische V-Antenne (LPVA)	1446
Zu Kap. 28.1.1	HF-Mobilantennen	1446
Zu Kap. 28.4	Maritimantennen.	1446
Zu Kap. 30.2	11-m-Band	1446
Zu Kap. 30.3.1.2	Richtantennen für 6 m	1446
Zu Kap. 31.1.5.1	Reflektometer.	1446
Zu Kap. 31.2.5	Gewinnmessung	1446
Zu Kap. 32	Symbolische Methode und Kreisdiagramme	1446
Zu Kap. 32.3.2	<i>Smith</i> -Diagramm.	1446
Zu Kap. 33.4.1.1	Antennendrähte/Antennenlitzen	1446
Zu Kap. 34.3.2.3	Erdungsmessung	1447
Zu Kap. 36.8	Hornantennen	1447
Zu Kap. 37.2.1	Koaxialschalter	1447
Zu Kap. 43.4	Koaxialkabel	1447
Index	Schlagwortverzeichnis.	1451
	Personenverzeichnis	1476
	Firmenverzeichnis	1479