

# Rothammels Antennenbuch – Inhaltsverzeichnis

## **1. Begriffe, Felder, Wellen 27**

- 1.1 Begriffe 27
  - 1.1.1 Einführung 27
  - 1.1.2 Allgemeine Begriffe 27
  - 1.1.3 Mathematische Begriffe 29
  - 1.1.4 Physikalische Begriffe 30
  - 1.1.5 Koordinatensysteme 31
  - 1.1.6 Maxwellsche Gleichungen 31
  - 1.1.7 Poyntingscher Vektor 32
  - 1.1.8 Reziprozitätstheorem 32
  - 1.1.9 Babinetsches Prinzip 32
- 1.2 Felder 33
  - 1.2.1 Elektrisches Feld 33
    - 1.2.1.1 Elektrische Feldstärke 33
    - 1.2.1.2 Elektrische Flußdichte 34
    - 1.2.1.3 Permittivität 34
  - 1.2.2 Magnetisches Feld 34
    - 1.2.2.1 Magnetische Feldstärke 34
    - 1.2.2.2 Magnetische Flußdichte 35
    - 1.2.2.3 Permeabilität 35
  - 1.2.3 Elektromagnetisches Feld 3 35
- 1.3 Elektromagnetische Wellen 36
  - 1.3.1 Wellenformung und -ablösung 37
  - 1.3.2 Feldwellenwiderstand 38
  - 1.3.3 Antennenfeldzonen 39
    - 1.3.3.1 Nahfeld 40
    - 1.3.3.2 Fernfeld 40
  - 1.3.4 Polarisierung 41
    - 1.3.4.1 Lineare Polarisierung 41
    - 1.3.4.2 Zirkulare Polarisierung 41

## **2 Ausbreitung elektromagnetischer Wellen 43**

- 2.1 Einführung 43
- 2.2 Erdatmosphäre 44
  - 2.2.1 Troposphäre 44
  - 2.2.2 Stratosphäre 44
  - 2.2.3 Ionosphäre 44
    - 2.2.3.1 D-Schicht 44
    - 2.2.3.2 E-Schicht 45
    - 2.2.3.3 F-Schichten 45
- 2.3 Sonne 46
  - 2.3.1 Elektromagnetische Strahlung 46
  - 2.3.2 Kosmische Strahlung 47
  - 2.3.3 Sonnenflecken 48
- 2.4 Ionosphärische Störungen 49
  - 2.4.1 Mögel-Dellinger-Effekt 50
  - 2.4.2 Ionosphärensturm / Magnetsturm 50
  - 2.4.3 Polarkappenabsorption 51
- 2.5 Ausbreitungsarten 51
  - 2.5.1 Bodenwelle 51

- 2.5.2 Troposphärenwelle 52
- 2.5.3 Raumwelle 52
- 2.5.3.1 MUF / LUF 54
- 2.6 VLF-Ausbreitung 55
- 2.7 LF / MF Ausbreitung 56
- 2.8 HF-Ausbreitung 56
- 2.9 VHF-SHF-Ausbreitung 59
- 2.9.1 Quasioptische Ausbreitung 59
- 2.9.1.1 Sichthorizont 59
- 2.9.1.2 Radiohorizont 59
- 2.9.2 Spiegelung (Reflexion) 60
- 2.9.3 Streuung (Scattering) 60
- 2.9.4 Brechung (Refraktion) 60
- 2.9.5 Temperaturumkehr (Inversion) 61
- 2.9.6 Führung (Ducting) 61
- 2.9.7 Beugung (Diffraktion) 62
- 2.9.8 Schwächung (Extinktion) 62

### **3 Antennenformen 65**

- 3.1 Strahlerelemente 66
- 3.1.1 Elementarstrahler 66
- 3.1.2 Linearantennen 67
- 3.1.3 Formantennen 67
- 3.1.4 Schleifenantennen 67
- 3.1.5 Schlitzantennen 67
- 3.1.6 Aktivantennen 67
- 3.2 Strahlergruppen 67
- 3.2.1 Lineare Gruppen 68
- 3.2.2 Ebene Gruppen 68
- 3.2.3 Räumliche Gruppen 68
- 3.2.4 Netzwerkgespeiste Gruppen 69
- 3.3 Strahlerstrukturen 69
- 3.3.1 Ebene Strukturen 69
- 3.3.2 Räumliche Strukturen 69
- 3.4 Strahleraperturen 70
- 3.4.1 Reflektorantennen 70
- 3.4.2 Hornantennen 70
- 3.4.3 Linsenantennen 70
- 3.4.4 Dielektrische Antennen 71
- 3.4.5 Leckwellenantennen 7

### **4 Antennenkenngrößen 72**

- 4.1 Eingangsimpedanz 72
- 4.2 Strahlungswiderstand 73
- 4.2.1 Strahlungskopplung 74
- 4.3 Wellenwiderstand 74
- 4.4 Verlustwiderstände 75
- 4.5 Wirkungsgrad 77
- 4.6 Richtfaktor 77
- 4.7 Gewinn 78
- 4.7.1 Strahlungsleistungen 83
- 4.8 Wirkfläche 83
- 4.9 Wirksame Länge 84

- 4.10 Verkürzungsfaktor 85
- 4.11 Güte und Bandbreite 86
- 4.12 Richtcharakteristik 88
- 4.13 Richtdiagramm 89
  - 4.13.1 Polar- und Kartesisches Diagramm 89
  - 4.13.2 Horizontal- und Azimutaldiagramm 91
  - 4.13.3 Vertikal- und Elevationsdiagramm 92
  - 4.13.4 E- und H-Ebenen-Diagramm 93
  - 4.13.5 Öffnungswinkel (Halbwertsbreite) 93
  - 4.13.6 Nebenzipfeldämpfung 95
  - 4.13.7 Vor-Rück-Verhältnis 95
- 4.14 Antennenfaktor 96
- 4.15 Antennenrauschtemperatur 97
- 4.16 Kenngrößen von aktiven Antennen 97

## **5 Leitungen 100**

- 5.1 Einführung 100
- 5.2 Leitungseigenschaften 100
  - 5.2.1 Wellenwiderstand 100
  - 5.2.2 Leitermaterial 101
  - 5.2.3 Isolationsmaterial 102
  - 5.2.4 Verkürzungsfaktor 102
  - 5.2.5 Dämpfung 102
- 5.3 Koaxialkabel 103
  - 5.3.1 Technik 104
- 5.4 Eindrahtleitung 106
- 5.5 Zweidrahtleitungen 107
- 5.6 Mehrdrahtleitungen 111
- 5.7 Streifenleitungen 112
- 5.8. Vorgänge auf Leitungen 112
  - 5.8.1 Grundlagen 112
  - 5.8.2. Zusatzverluste durch Fehlanpassung 116
  - 5.8.3 Leitungen als Abstimmelement 119
- 5.9 Messungen an Leitungen 121
  - 5.9.2 Ermittlung des Verkürzungsfaktors 123
  - 5.9.1 Ermittlung des Wellenwiderstandes 121

## **6 Anpassungs- und Transformationsglieder 126**

- 6.1 Einführung 126
- 6.2 Antennenanpassungen 126
  - 6.2.1 Delta-Anpassung 126
  - 6.2.2 T-Anpassung 127
  - 6.2.3 Gamma-Anpassung 128
  - 6.2.5 Parallel-Anpassung 129
  - 6.2.6 Serien-Anpassung 130
- 6.3 Anpassung mit 2 Reaktanzen 131
  - 6.3.1 L-Glied 131
- 6.4 Anpassung mit 3 Reaktanzen 133
  - 6.4.1 Pi-Glied 133
  - 6.4.2 T-Glied 134
  - 6.4.3 Teilkopplungsanpassung 134
- 6.5 Anpassung mit 4 Reaktanzen 134
  - 6.5.1 Boucherot-Brücke 134

- 6.6 Leitungstransformationen 135
  - 6.6.1 Viertelwellen-Transformator 135
  - 6.6.2 Exponential-Transformator 136
  - 6.6.3 Anpaßleitungen (Stichleitungen) 137
- 6.7 Breitbandübertrager 141

## **7 Symmetrier- und Sperrglieder 143**

- 7.1 Einführung 143
- 7.2 Grundlagen 143
- 7.3 Symmetrierglieder 145
  - 7.3.1 Übertrager 146
    - 7.3.1.1 Resonanz-Balun 146
    - 7.3.1.2 Resonanz-Tuner 146
    - 7.3.1.3 Leitungsübertrager 146
    - 7.3.1.4 Breitbandübertrager 147
  - 7.3.2 Umwegleitungen 148
    - 7.3.2.1 Halbwellen-Umwegleitung 148
    - 7.3.2.2 Reaktiv-Balun 149
    - 7.3.2.3 Phasentransformator 150
    - 7.3.2.4 Carter-Umwegleitung 150
    - 7.3.2.5 Hybrid-Ringe 150
  - 7.3.3 Symmetrierschleifen 150
    - 7.3.3.1 EMI-Schleife 150
    - 7.3.3.2 Pawsey-Schleife 151
    - 7.3.3.3 Breitbandsymmetrierschleife 151
    - 7.3.3.4 Potentialtransformator 151
    - 7.3.3.5 Rahmen-Balun 152
    - 7.3.3.6 Schlitz-Balun 152
    - 7.3.3.7 Offene Symmetrierschleife 152
    - 7.3.3.8 Halbschalen-Balun 152
    - 7.3.3.9 DJ9HO-Balun 152
    - 7.3.3.10 ST-Leitung 153
  - 7.3.4 Symmetrierbrücken 153
    - 7.3.4.1 Boucherot-Brücke 153
    - 7.3.4.2 Alford-Netzwerk 154
  - 7.3.5 Symmetriertöpfe 154
    - 7.3.5.1 Halbwellen-Symmetriertopf 154
    - 7.3.5.2 Gefalteter Balun 154
    - 7.3.5.3 Kompensierter Balun 154
- 7.4 Sperrglieder 155
  - 7.4.1 Resonanzsperrern 155
    - 7.4.1.1 Radials 155
    - 7.4.1.2 Viertelwellen-Sperrtopf 155
    - 7.4.1.3 Abgestimmter Kreis 156
    - 7.4.1.4 Integral-Balun 156
    - 7.4.1.5 Offener Sperrtopf 157
  - 7.4.2 Breitbandsperren 157
    - 7.4.2.1 Bifilare Spule 157
    - 7.4.2.2 Kabeldrossel 157
    - 7.4.2.3 Ferritkerndrosseln 158
  - 7.4.3 Absorber 159
    - 7.4.3.1 Ferritabsorber 159
    - 7.4.3.2 Widerstandsabsorber 160

- 7.4.3.3 Stahlwolleabsorber 160
- 7.5 Sonderformen 161
- 7.5.1 Widerstands-Symmetrierung 161
- 7.5.2 X/2-Schaltung 161
- 7.5.3 Feldraum-Symmetrierung 161
- 7.5.4 Resonator-Symmetrierung 161
- 7.5.5 Topfkreis-Symmetrierung 161
- 7.5.6 Tapered Baluns 161
- 7.5.7 Koppler-Balun 161
- 7.5.8 Halbwellen-Sperre 162
- 7.5.9 Faltdipol-Baluns 162
- 7.5.10 Gamma-Anpassung 162
- 7.5.11 Omega-Anpassung 163
- 7.5.12 L-Anpassung 163
- 7.5.13 Kapazitäts-Balun 163

## **8 Ankopplungen und Anpaßgeräte 166**

- 8.1 Ankopplungen 166
- 8.1.1 Allgemeines 166
- 8.1.2 Kapazitive und induktive Kopplung 166
- 8.1.3 Ankopplung angepaßter Speiseleitungen 167
- 8.1.4 Ankopplung abgestimmter Speiseleitungen 169
- 8.1.5 Erdleitungs-Koppler 171
- 8.2 Anpaßgeräte 172
- 8.2.1 Allgemeines 172
- 8.2.2 Unsymmetrische Antennenkoppler 172
- 8.2.2.1 Parallelkreis-Tuner 172
- 8.2.2.2 Serienkreis-Tuner 173
- 8.2.2.3 L-Tuner 173
- 8.2.2.4 Pi-Tuner 175
- 8.2.2.5 T-Tuner 175
- 8.2.2.6 Ultimate Transmatch 176
- 8.2.2.7 SPC-Transmatch 177
- 8.2.2.8 X-Match 177
- 8.2.2.9 Z-Match 177
- 8.2.2.10 Freematch 178
- 8.2.3 Symmetrische Antennenkoppler 178
- 8.2.3.1 Symmetrische Resonanz-Tuner 178
- 8.2.3.2 Symmetrische LC-Tuner 179
- 8.2.3.3 Unsymmetrische LC-Tuner mit Symmetrierung 180
- 8.2.4 Automatik-Tuner 181
- 8.2.4.1 Allgemeines 181
- 8.2.4.2 Prinzip 181
- 8.2.4.3 Meßglied 182

## **9 Horizontale HF-Monobandantennen 185**

- 9.1 Halbwellenantennen 185
- 9.1.1 Halbwellendipol 185
- 9.1.2 Endgespeiste Halbwellenantennen 192
- 9.1.2.1 Zeppelin-Antenne 192
- 9.1.2.2 Fuchs-Antenne 192
- 9.1.3 Asymmetrisch gespeiste Halbwellenantenne 194
- 9.1.3.1 Windom-Antenne 194

- 9.2 Mehrwellen-Antennen 195
  - 9.2.1 Ganzwellendipol (I-Dipol) 195
  - 9.2.2 Ganzwellenantenne (I-Antenne) 196
  - 9.2.3 Verlängerter Doppel-Zepp (1,28 I-Dipol) 197
  - 9.2.4 1,5 I-Dipol (3/2-Dipol) 198
  - 9.2.5 1,5 I-Antenne (3/2-Antenne) 199
- 9.3 Inverted-V-Dipole 199
  - 9.3.1 Inverted-V-Halbwellen-Dipol 200
- 9.4 Winkeldipole 200
  - 9.4.1 Halbwellen-Winkeldipole 201
  - 9.4.2 Ganzwellen-Winkeldipol 201
- 9.5 Gefaltete Dipole 201
  - 9.5.1 Faltdipol 201
  - 9.5.2 Doppelfaltdipol 204
  - 9.5.3 Mehrfach gefaltete Dipole 205
- 9.6 Schrägantennen (Sloper) 205
  - 9.6.1 Halbwellen-Sloper (Voll-Sloper) 205
  - 9.6.2 Viertelwellen-Sloper (Halb-Sloper) 206
- 9.7 Kurzdipole 206
  - 9.7.1 Verlängerung durch Induktivitäten 207
  - 9.7.2 Verlängerung durch Endkapazitäten 207
  - 9.7.3 Kombinierte Verlängerung 208
- 9.8 Dipol- Sonderformen 208
  - 9.8.1 Landstorfer-Dipol 208
  - 9.8.2 Extended Dipol 208
  - 9.8.3 Extended Schleifendipol 208
  - 9.8.4 Zickzack-Dipol 209
  - 9.8.5 Mäander-Dipol 209
- 9.9 Dipolabstimmung 209

## **10 Horizontale HF-Multibandantennen 212**

- 10.1 L-Antennen 212
  - 10.1.1 Resonante L-Antennen 212
  - 10.1.2 Nichtresonante L-Antennen 212
- 10.2 Symmetrisch gespeiste Multiband-Antennen 213
  - 10.2.1 Resonante Multiband-Dipolantennen 213
    - 10.2.1.1 Multiband-Dipol (Doppel-Zepp) 214
    - 10.2.1.2 Multiband-Winkeldipole 215
    - 10.2.1.3 Angepaßter Multiband-Dipol 216
  - 10.2.2 Nichtresonante Multiband-Dipole 217
    - 10.2.2.1 G5RV-Multibandantenne 217
    - 10.2.2.2 Verlängerter Multiband-Doppelzepp 219
    - 10.2.2.3 I/3-Dipol 220
    - 10.2.2.4 Weitere Multiband-Dipole 220
- 10.3 Asymmetrisch gespeiste Multiband-Antennen 221
  - 10.3.1 Eindrahtgespeiste Multiband-Window 221
    - 10.3.1.1 VS1AA-Antenne 221
  - 10.3.2 Zweidrahtgespeiste Multiband-Window 222
  - 10.3.3 Koaxialgespeiste Multiband-Window 222
    - 10.3.3.1 FD-Antennen 222
    - 10.3.3.2 Doppel-Window 223
  - 10.3.4 Window-Varianten 225
    - 10.3.4.1 Zweifach-Window 225

- 10.3.4.2 Smithdom-Antennen 226
- 10.3.5 Stromsummenantenne 227
- 10.4 Endgespeiste Multiband-Antennen 228
  - 10.4.1 Mehrband-Zepp 228
  - 10.4.2 DL7AB-Antenne 228
- 10.5 Mehrfachdipole 229
  - 10.5.1 Offene Mehrfachdipole 229
  - 10.5.2 Gefaltete Mehrbanddipole 231
- 10.6 Sperrkreis-Dipole 232
  - 10.6.1 Sperrkreise 232
  - 10.6.2 Besondere Sperrkreis-Dipole 234
    - 10.6.2.1 W3DZZ-Antenne 234
    - 10.6.2.2 HA5DM-Antenne 237
    - 10.6.2.3 K2GU-Antenne 237
    - 10.6.2.4 W8NX-Antennen 237
  - 10.6.3 Allgemeine Sperrkreis-Dipole 238
  - 10.6.4 Stub-Dipole 239
- 10.7 Mehrbandkurzdipole 241
- 10.8 Mehrband-Slopers 242

## **11 Langdrahtantennen 246**

- 11.1 Resonante Langdrahtantennen 246
  - 11.1.1 Langdrahtantenne 247
  - 11.1.2 V-Antenne 248
  - 11.1.3 Gestockte V-Antenne 249
  - 11.1.4 V-Stern 249
  - 11.1.5 Stumpfwinklige V-Antenne 250
  - 11.1.6 Offene Rhombusantenne 251
  - 11.1.7 Echelon-Antenne 251
  - 11.1.8 K4EF-Antennen 252
- 11.2 Aperiodische Langdrahtantennen 253
  - 11.2.1 Abgeschlossene Langdrahtantenne 254
  - 11.2.2 Beverage-Antenne 255
  - 11.2.3 Abgeschlossene V-Antenne 257
  - 11.2.4 Gestockter V-Beam 258
  - 11.2.5 Abgeschlossene Inverted-V-Antenne 258
  - 11.2.6 Rhombusantenne 259
  - 11.2.7 Sonderformen der Rhombusantenne 262

## **12 Breitbandantennen 264**

- 12.1 Bedämpfte Antennen 264
  - 12.1.1 Dummy Load Antenne 264
  - 12.1.2 TFD- und T2FD-Antenne 265
  - 12.1.3 Bedämpfte Horizontalantennen 267
  - 12.1.4 Bedämpfte Vertikalantennen 268
  - 12.1.5 Belastete kleine Schleifenantenne 269
- 12.2 Formbedingte Breitbandantennen 270
  - 12.2.1 Breitbanddipol 271
  - 12.2.2 Fächerdipol 272
  - 12.2.3 Doppelkegel-Antenne 273
  - 12.2.4 Flächendipol 274
  - 12.2.5 Batwing-Antenne 276
  - 12.2.6 Herz-Antenne 277

- 12.2.7 Breitbandmonopol 277
- 12.2.8 Reusenantenne 278
- 12.2.9 Diskon-Antenne 278
- 12.2.10 Scimitar-Antenne 281
- 12.3 Schaltungsbedingte Breitbandantennen 282
- 12.3.2 Breitband-Dipole nach W8TV 284

### **13 Querstrahler 293**

- 13.1 Dipollinie (Kollineare Dipole) 2 293
- 13.1.1 Franklin-Antenne 296
- 13.2 Dipolzeile (Parallele Dipole) 296
- 13.2.1 Shirley-Antenne 298
- 13.3 Kombinierte Querstrahler 298
- 13.3.1 Tannenbaumantenne 299
- 13.3.3 Chireix-Mesny-Antenne 299
- 13.3.6 Bisquare-Strahler 301
- 13.3.7 "Lazy-H" (Fauler Heinrich) 302

### **14 Längsstrahler 307**

- 14.1 Bidirektionale Längsstrahler 307
- 14.1.1 Zweielement Paralleldipol 307
- 14.1.2 W8JK-Antenne 308
- 14.1.3 "Lazy Quad" (Faule Quad) 311
- 14.1.4 Mäanderförmige Antenne (von Bell) 311
- 14.2 Unidirektionale Längsstrahler 311
- 14.2.1 ZL-Spezial-Antenne 312
- 14.2.2 HB9CV-Antenne 314
- 14.2.3 Fischgrätenantenne 316
- 14.2.4 Mäanderförmige Antenne (von Standard) 316
- 14.2.5 Mäanderförmige Antenne (von Marconi) 317

### **15 Große Schleifenantennen (Loops) 318**

- 15.1 Resonante Schleifen 318
- 15.1.1 Halbwellenschleife 318
- 15.1.2 Ganzwellenschleifen 318
- 15.2 Horizontale Schleifen 320
- 15.3 Vertikale Schleifen 321
- 15.3.1 Quadrat-Schleife (Quad-Loop) 322
- 15.3.2 Rechteck-Schleife (Oblong) 323
- 15.3.3 Dreieck-Schleife (Delta-Loop) 324
- 15.4 Verkürzte Schleifen 328
- 15.4.1 HB 9-Multiband-Delta-Loop 328

### **16 Magnetische Antennen 332**

- 16.1 Wirkungsweise 332
- 16.2 Praktischer Aufbau 334
- 16.3 Strahlungseigenschaften 338
- 16.4 Vorteile / Nachteile 340
- 16.5 Halbe Magnetische Antenne 340
- 16.6 Magnetische Antennen für VHF 342

### **17 Aktive Antennen 345**

- 17.1 Einführung 345



- 17.2 Grundlagen 345
- 17.3 Anwendungen 347
- 17.4 Bauanleitungen 349
- 17.5 Zusammenfassung 350

## **18 Mehrelement-HF-Richtantennen (Beams) 352**

- 18.1 Yagi-Uda-Antennen 352
  - 18.1.1 Geschichte der Yagi-Uda-Antenne 352
  - 18.1.2 Monoband-Yagis 353
    - 18.1.2.1 Wirkungsweise der Yagi 353
    - 18.1.2.2 Dimensionierung und Optimierung der Yagi 356
    - 18.1.2.3 Aufbau und Speisung der Yagi 358
  - 18.1.3 Multiband-Yagis 359
    - 18.1.3.1 Sperrkreis-Yagis 359
      - 18.1.3.1.1 W3DZZ-Beam 360
      - 18.1.3.1.2 Fritzel-Beam 362
      - 18.1.3.1.3 KLM-Beam 363
    - 18.1.3.2 Multibandkreis-Yagis 364
      - 18.1.3.2.1 G4ZU-Beam 364
      - 18.1.3.2.2 VK2AOU-Beam 367
      - 18.1.3.2.3 DL1FK-Beam 369
      - 18.1.3.2.4 VK2AOU/DJ2UT-Beam 371
      - 18.1.3.2.5 DJ2UT-Beam 372
    - 18.1.3.3 Verschachtelte Yagis 372
      - 18.1.3.3.1 KH6OR-Zweiband-Yagi 372
      - 18.1.3.3.2 W8FYR-Zweiband-Yagi 373
      - 18.1.3.3.3 W4KFC-Zweiband-Yagi 374
  - 18.1.4 Miniatur-Yagis 374
    - 18.1.4.1 VK2ABQ-Beam 374
    - 18.1.4.2 X-Beam 376
    - 18.1.4.3 G3LDO-Beam 377
    - 18.1.4.4 Fritzel-Miniaturbeam 378
    - 18.1.4.5 Sigma-Beam 378
    - 18.1.4.6 Z-Beam 378
  - 18.1.5 Minibeams 379
    - 18.1.5.1 Minibeam 379
    - 18.1.5.2 Butterfly-Beam 380
    - 18.1.5.3 VK2ABQ-Minibeam 381
    - 18.1.5.4 W1PLH-Minibeam 381
    - 18.1.5.5 VK2AOU-Minibeam 382
    - 18.1.5.6 Helix-Beam 383
    - 18.1.5.7 W8YIN-Minibeam 384
    - 18.1.5.8 K6FZ-Minibeam 385
- 18.2 Cubical Quad 385
  - 18.2.1 Geschichte der Cubical-Quad 386
  - 18.2.2 Bauformen der Cubical-Quad 387
  - 18.2.3 Dimensionierung der Cubical-Quad 388
  - 18.2.4 Monoband-Cubical-Quads 390
    - 18.2.4.1 Bird-Cage 390
    - 18.2.4.2 Swiss-Quad 392
    - 18.2.4.3 German-Quad 395
    - 18.2.4.4. UA3IAR-Quad 395
  - 18.2.5 Multiband-Cubical-Quads 396

- 18.2.5.1 Dreiband-Quads (3-Elemente) 396
  - 18.2.5.1.1 VK2AOU-Quad 396
  - 18.2.5.1.2 W4NNQ-Quad 400
  - 18.2.5.1.3 CQ-PA-Quad 402
  - 18.2.5.1.4 DJ4VM-Quad 405
  - 18.2.5.1.5 DK4NA-Quad 408
  - 18.2.5.1.6 Low-Base-Quad 409
  - 18.2.5.1.7 Verspannte Dreiband-Quad 410
- 18.2.5.2 Mehrband-Quads (n Elemente) 412
  - 18.2.5.2.1 Dreiband-Quad (4 Elemente) 412
  - 18.2.5.2.2 Dreiband-Quad (3-5 Elemente) 413
  - 18.2.5.2.3 Fünfband-Quad (2 Elemente) 414
- 18.2.6 Mini-Quads 415
  - 18.2.6.1 G3YDX-Mini-Quad 416
- 18.3 Delta-Loop-Beam 417
  - 18.3.1 Monoband-Delta-Loop 417
  - 18.3.2 Multiband-Delta-Loop 421
  - 18.3.3 Mini-Delta-Loop 422
- 18.4 Ringbeam 423
  - 18.4.1 2-Element-Ringbeam 423
  - 18.4.2 3-Element-Ringbeam 424

## **19 Vertikale HF-Monobandantennen 428**

- 19.1 Allgemeines 428
- 19.2 Strahlungsdiagramme 434
  - 19.2.1 Horizontaldiagramm 435
  - 19.2.2 Vertikaldiagramm 435
  - 19.2.3 Halbwertsbreite 436
- 19.3 HF-Erde 436
  - 19.3.1 Erdboden 436
  - 19.3.2 Erdnetz 438
  - 19.3.3 Gegengewicht 440
- 19.4 Viertelwellenantennen 441
  - 19.4.1 Marconi-Antenne 441
  - 19.4.2 Koaxial-Monopol 442
  - 19.4.3 Groundplane-Antennen 443
    - 19.4.3.1 Bemessung, Anpassung, Abgleich 444
    - 19.4.3.2 Geerdete Groundplane 446
    - 19.4.3.3 Triple-Leg-Antenne 447
    - 19.4.3.4 Verkürzte Groundplane 447
    - 19.4.3.5 Verlängerte Groundplane 449
    - 19.4.3.6 Mehrleiter-Groundplane 451
- 19.5 Vertikale Halbwellenantennen 452
  - 19.5.1 Vertikaler Halbwellendipol 452
  - 19.5.2 Koaxialantennen 453
  - 19.5.3 Endgespeister vertikaler Halbwellendipol 454
  - 19.5.4 J-Antenne 455
  - 19.5.5 Vertikaler Winkeldipol 456
- 19.6 5l/8-Vertikalantenne 457
- 19.7 Andere Vertikalantennen 458
  - 19.7.1 Geerdete Vertikalantennen 458
  - 19.7.2 Gefaltete Vertikalantennen 459
  - 19.7.3 Gewendelte Vertikalantennen 461

19.8 Vertikal polarisierte L- und T-Antennen 461

## **20 Vertikale HF-Multibandantennen 467**

20.1 Mehrband-l/4-Antennen 467

20.1.1 Allband-Groundplane 467

20.1.2 Mehrelement-Groundplane 468

20.1.3 Sperrkreis-Groundplane 469

20.1.4 Multibandkreis-Groundplane 470

20.2 Mehrband-l/2-Antennen 474

20.2.1 Allband-Vertikaldipol 474

20.2.2 Sperrkreis-Vertikaldipol (endgespeist) 474

20.3 Mehrband- Vertikalantennen 475

20.3.1 Dreiband-Vertikalantenne 475

20.3.2 Dreiband-Vertikalantenne nach WB1FSB 476

20.3.3 Dreiband-Vertikalantenne nach LA1EI 477

20.3.4 Dreiband-Vertikalantenne nach OD5CG 477

20.3.5 Vierband-Vertikalantenne nach SP3PK 478

20.4 Stub-Monopole 479

20.5 Allbandreuse 481

20.6 Mehrband-T-Antennen 481

20.6.1 Multee-Antenne 481

20.6.2 Vierband-T-Antenne nach DL2EO 482

## **21 Vertikale Richtantennen 484**

21.1 Phasengespeiste Vertikalantennen 484

21.1.1 Allgemeines 484

21.1.2 LF- und MF-Bereich 485

21.1.3 HF-Bereich 486

21.1.4 VHF- und UHF-Bereich 487

21.2 Strahlungsgekoppelte Vertikalantennen 488

21.2.1 Allgemeines 488

21.2.2 HF-Bereich 489

21.2.3 VHF- und UHF-Bereich 491

21.3 Rechteckantennen 492

## **22 Sonderformen bei HF 495**

22.1 CCD-Antenne 495

22.2 DDDR-Antennen 496

22.3 Drahtpyramide 499

22.4 GAP-Antenne 501

22.5 Hentenna 502

22.6 ISOTRON-Antenne 503

22.7 DL7PE-MicroVert 504

22.8 Ministrahler 505

22.9 Wendeldipol 506

## **23 Rundstrahlantennen für VHF und UHF 509**

23.1 Vertikal-polarisierte VHF/UHF-Antennen 509

23.1.1 l/4-Antennen 509

23.1.1.1 Groundplane 509

23.1.2 l/2-Antennen 510

23.1.2.1 Endgespeiste l/2-Antennen 511

23.1.2.1.1 J-Antenne 511

- 23.1.2.1.2  $\lambda/2$ -Antennen mit Anpaßgliedern 513
- 23.1.2.2 Mittengespeiste  $\lambda/2$ -Antennen 514
  - 23.1.2.2.1 Sperrtopfantenne 514
  - 23.1.2.2.2  $\lambda/2$ -Antennen mit Sperrgliedentkopplung 516
- 23.1.3  $5\lambda/8$ -Antenne 517
- 23.1.4 Kollineare Antennen 518
- 23.1.5 Wendelantennen 519
- 23.2 Horizontal-polarisierte VHF/UHF-Antennen 521
  - 23.2.1 Dipolanordnungen 521
    - 23.2.1.1 Winkeldipol (V-Antenne) 521
    - 23.2.1.2 Knickdipol (U-Antenne) 522
    - 23.2.1.3 Ringdipol (Halo-Antenne) 522
    - 23.2.1.4 Quadratdipol (Squalo-Antenne) 524
    - 23.2.1.5 Dipoldreieck 524
    - 23.2.1.6 Dipolquadrat 524
    - 23.2.1.7 Alford-Loop 525
    - 23.2.1.8 Kreuzdipol (Turnstile) 526
  - 23.2.2 Schleifenanordnungen 527
    - 23.2.2.1 Ringschleife 528
    - 23.2.2.2 Schleifendreieck 529
    - 23.2.2.3 Schleifenquadrat 529
    - 23.2.2.4 Kleeblattantenne (Cloverleaf) 529
    - 23.2.2.5 Big-Wheel-Antenne 529
    - 23.2.2.6 Malteserkreuzantenne 532
    - 23.2.2.7 Eggbeater-Antenne 533
    - 23.2.2.8 Doppelquad-Rundstrahler 533
  - 23.2.3 Schlitzanordnungen 535
    - 23.2.3.1 Rohrschlitzantenne 535
    - 23.2.3.2 Superturnstile-Antenne 537
- 23.3 Zirkular-polarisierte VHF/UHF-Antennen 537
  - 23.3.1 Lindenblad-Antenne 538

## **24 Richtantennen für VHF und UHF 542**

- 24.1 Yagi-Uda-Antennen für VHF / UHF 542
  - 24.1.1 Wirkungsweise und Gewinn von Yagi-Antennen 542
  - 24.1.2 Hinweise zum Selbstbau 545
  - 24.1.3 2-Element-Antenne 549
- 24.2 Kurz-/Lang-Yagi-Antennen 550
  - 24.2.1 Kurz-Yagi-Antennen für 2 m 550
    - 24.2.1.1 3-Element-Yagi-Antennen 551
    - 24.2.1.2 6-Element-Yagi-Antenne 551
    - 24.2.1.3 9-Element-Yagi-Antenne 552
  - 24.2.2 Kurz-Yagi-Antennen für 70 cm 552
    - 24.2.2.1 4-Element-Yagi-Antenne 553
    - 24.2.2.2 6-Element-Yagi-Antenne 553
  - 24.2.3 Lang-Yagi-Antennen für 2 m 553
    - 24.2.3.1 6-Element-Lang-Yagi-Antenne (DL2RSX) 554
    - 24.2.3.2 10-Element-Lang-Yagi-Antenne (OK1DE) 557
    - 24.2.3.3 Lang-Yagi-Serie von DL6WU 558
    - 24.2.3.4 Lang-Yagi-Serie von DK7ZB 560
  - 24.2.4 Lang-Yagi-Antennen für 70 cm 561
    - 24.2.4.1 Lang-Yagi-Serie von DL6WU 562
    - 24.2.4.2 18-Element-Breitband-Lang-Yagi 563

- 24.2.4.3 Lang-Yagi-Serie von DK7ZB 564
- 24.3 Kreuz-Yagi-Antennen 566
- 24.4 Logarithmisch-periodische Antennen für VHF/UHF 571
- 24.5 HB9CV-Antennen für VHF/UHF 577
- 24.5.1 HB9CV-Antenne für 2 m 577
- 24.5.2 HB9CV-Antenne für 70 cm 578
- 24.5.3 HB9CV-Antenne für 2 m und 70 cm 579
- 24.6 Quad-Antennen für VHF/UHF 580
- 24.6.1 Mehrelement-Quad-Antennen 580
- 24.6.2 Quagi-Antenne 580
- 24.6.3 X-Quad 581
- 24.7 Delta-Loop-Antennen für VHF/UHF 582
- 24.8 Loop-Yagi-Antennen für VHF/UHF 582
- 24.9 Wendelantennen für VHF/UHF 583
- 24.10 Rhombusantennen für VHF/UHF 587
- 24.10.1 Rhombusantenne für VHF 587
- 24.10.2 Rhombusantenne für UHF 589

## **25 Gruppenantennen und gestockte Antennen für VHF und UHF 594**

- 25.1 Gruppenantennen 594
- 25.1.1 Speisung von Gruppenantennen 595
- 25.1.2 Gruppenantennen mit Reflektoren 599
- 25.1.3 Gruppenantennen mit Reflektorwänden 599
- 25.1.4 Praxis der Gruppenantennen 600
- 25.1.4.1 12-Element-Gruppenantenne 600
- 25.1.4.2 16-Element-Gruppenantenne 601
- 25.1.4.3 12-Element-Gruppenantenne für 70 cm 603
- 25.1.4.4 HB9CV-Gruppenantenne 604
- 25.2 Gestockte Yagi-Antennen 606
- 25.2.1 Prinzip der Superposition 606
- 25.2.2 Gruppenbildung mit optimalen Abständen 607
- 25.2.3 Erregung von Yagi-Gruppen 609
- 25.2.4 Praxis der Yagi-Gruppenantennen 610
- 25.2.4.1 Gruppenanordnungen mit der 6-Element-Lang-Yagi nach DL2RSX 610
- 25.2.4.2 Lang-Yagi-Gruppen für 70 cm 614
- 25.2.5 Sonderformen gestockter Yagi-Antennen 614
- 25.2.5.1 Gestockte Yagi-Antenne 6 über 6 nach OH2EW 614
- 25.2.5.2 Gestockte Kurz-Yagi 4 über 4 615
- 25.2.5.3 DL7KM-Beam für 2 m 615
- 25.2.5.4 DL7KM-Beam für 70 cm 618
- 25.3 Gestockte Quadantenne 618
- 25.3.1 Cubical Quad für VHF 618
- 25.3.2 Gestockte Cubical Quad 619
- 25.3.3 Quad-Gruppe für 2-m 620
- 25.3.4.1 Hybrid-Doppelquad für 2 m 621
- 25.3.4.2 Hybrid-Doppelquad für 70 cm 623
- 25.3.5 Vierfach-Quad nach DH9HO 623
- 25.3.5.1 DJ9HO-Doppelacht für 2 m 624
- 25.3.5.2 DJ9HO-Doppelacht für 70 cm 624
- 25.3.6 4-Quad-Serie 624
- 25.3.7 Vorhang-Quad-Antenne 625

## **26 Sonderformen bei VHF- und UHF-Antennen 628**

- 26.1 DDDR-Antenne 628
- 26.2 Doppeltgefalteter Monopol 628
- 26.3 Duo-Band-Fensterquad 629
- 26.4 Helikon-Antenne 630
- 26.5 ISOPOLE-Antenne 630
- 25.6 Quagi 631
- 26.7 Ringo Ranger Antenne 631
- 26.8 Yagi-Sonderformen 632
- 26.8.1 Backfire-Antenne 632
- 26.8.2 Short-Backfire-Antenne 633

## **27 Logarithmisch periodische Antennen 635**

- 27.1 Einführung 635
- 27.2 Theoretische Grundlagen der log.-per. Antennen 636
- 27.3 Logarithmisch-periodische Strukturen 638
- 27.4 Logarithmisch-periodische Dipolantenne (LPDA) 640
- 27.5 Logarithmisch-periodische V-Antenne (LPVA) 646
- 27.6 Logarithmisch-periodische Yagi-Antenne (LPYA) 648
- 27.7 Logarithmisch-periodische Monopolantenne (LPMA) 648

## **28 Amateurfunk-Antennen für den beweglichen Einsatz 652**

- 28.1 Mobilantennen 652
- 28.1.1 HF-Mobilantennen 652
- 28.1.1.1 Mechanische Ausführung verkürzter Vertikalantennen 652
- 28.1.1.2 Elektrische Eigenschaften verkürzter Vertikalantennen 653
- 28.1.1.3 Verlängerungsspule für verkürzte Vertikalantennen 655
- 28.1.1.4 Anpassung verkürzter Vertikalantennen 656
- 28.1.1.5 Bemessungsangaben für verkürzte Vertikalantennen 658
- 28.1.1.6 Verkürzte Vertikalantennen mit verteilter Induktivität 659
- 28.1.2 VHF/UHF-Mobilantennen 661
- 28.2 Portabelantennen 662
- 28.2.1 HF-Portabelantennen 662
- 28.2.2 VHF/UHF-Portabelantennen 664
- 28.3 Fuchsjagdantennen 665
- 28.3.1 Peilantennen für 80 m 665
- 28.3.2 Peilantennen für 2 m 668
- 28.4 Marineantennen 670
- 28.4.1 Einführung 670
- 28.4.2 Boots-Antennen 671

## **29 Antennen für den Hörfunk- und Fernsehempfang 674**

- 29.1 Wellenausbreitung in den Bereichen des AM-Hörfunks 674
- 29.1.1 Ausbreitungseigenschaften der Langwellen 674
- 29.1.2 Ausbreitungseigenschaften der Mittelwellen 675
- 29.1.3 Ausbreitungseigenschaften der Kurzwellen 675
- 29.2 Empfangsantennen für Lang-, Mittel- und Kurzwelle 675
- 29.2.1 AM-LMK-Antenne 675
- 29.2.2 Mittel- und Langwellen-Empfangsantennen 676
- 29.2.2.1 L- und T-Antennen 676
- 29.2.2.2 Langdrahtantenne 677
- 29.2.2.3 Ferritstabantenne 678
- 29.2.3 Kurzwellen-Empfangsantennen 678
- 29.2.3.1 SWL-Fächerantennen 679

- 29.2.3.2 Breitband-Empfangsantennen 679
- 29.2.3.3 SWL-Sperrkreisantennen 680
- 29.2.3.4 SWL- Sloperantennen 681
- 29.2.3.5 SWL-Windom-Antenne 681
- 29.2.3.6 SWL-Spezialdipol 681
- 29.3 UKW-Empfangsantennen 682
- 29.3.1 FM-Rundempfangsantennen 682
- 29.3.2 FM-Richtempfangs-Antennen 682
- 29.3.2.1 1-Element-Antenne 682
- 29.3.2.2 2-Element-Antenne 683
- 29.3.2.3 3-Element-Yagi-Antenne 683
- 29.4 VHF-Fernseh-Empfangsantennen 683
- 29.4.1 VHF-Fernseh-Yagi-Antennen 684
- 29.4.1.1 4-Element-Yagi-Antenne 684
- 29.4.1.2 6-Element-Yagi-Antenne 685
- 29.4.1.3 8-Element-Yagi-Antenne 685
- 29.4.1.4 9-Element-Yagi-Antenne 686
- 29.4.2 VHF-Fernseh-Gruppenantennen 686
- 29.4.3 Gestockte VHF-Fernseh-Yagi-Antennen 688
- 29.5 UHF-Fernseh-Empfangsantennen 690
- 29.5.1 UHF-Fernseh-Yagi-Antennen 690
- 29.5.2 UHF-Fernseh-Reflektorwand-Antenne 690
- 29.5.3 UHF-Fernseh-Winkelreflektorantenne 692
- 29.5.4 Logarithmisch-periodische UHF-Fernsehantenne 692
- 29.6 Sonstige Bauformen von Empfangsantennen 693
- 29.6.1 Autoradio-Antennen 693
- 29.6.2 Mobilantennen 694
- 29.6.3 Zimmerantennen 695
- 29.7 Satelliten-Empfangsantennen 695
- 29.7.1 Einführung 695
- 29.7.2 Satelliten 696
- 29.7.3 Antennen 698
- 29.7.3.1 Antennentypen 698
- 29.7.4 Ausrichtung der Satellitenantenne 700
- 29.7.5 Zusatz 701

## **30 Antenneninformationen 703**

- 30.1 HF-Antennen 703
- 30.1.1 Übersicht über HF-Antennen 703
- 30.1.2 Die beste Antenne für DX 705
- 30.1.3 Aussagekraft von Gewinnangaben bei HF-Antennen 706
- 30.1.4 Betrachtungen zu HF- Drehrichtstrahlern 707
- 30.1.5 Kurzwellen-Ausbreitung 709
- 30.1.6 HF-Antennen und ihre Umgebung 713
- 30.1.7 Bezugsantennen für HF 714
- 30.2 VHF/UHF-Antennen 714
- 30.2.1 Polarisierung der VHF/UHF-Antennen 715
- 30.2.2 Hinweise für den Aufbau und Einsatz von VHF/UHF-Antennen 716
- 30.2.3 Zweckmäßige Auswahl einer VHF/UHF-Antenne 716
- 30.2.4 Die Wahrheit über VHF/UHF-Antennen 717
- 30.2.5 VHF/UHF-Antennen und ihre Umgebung 718
- 30.2.6 Bezugsantennen für VHF/UHF 719

## **31 Antennenmeßgeräte, Messungen, Meßzubehör 723**

- 31.1 Antennenmeßgeräte 723
  - 31.1.1 Strommesser 723
  - 31.1.2 Spannungsmesser 725
  - 31.1.3 Leistungsmesser 726
    - 31.1.3.1 Abschlußleistungsmesser 726
    - 31.1.3.2 Endleistungsmesser 727
    - 31.1.3.3 Durchgangsleistungsmesser 727
  - 31.1.4 Resonanzprüfer (Dip-Meter) 727
    - 31.1.4.1 Einröhrensaltungen 728
    - 31.1.4.2 Grid-Dip-Meter für VHF/UHF 730
    - 31.1.4.3 Kombinierte Grid-Dip-Meter 730
    - 31.1.4.4 Transistor-/FET-Dip-Meter 732
  - 31.1.5 Stehwellenmesser 732
    - 31.1.5.1 Reflektometer 733
    - 31.1.5.2 Reflektometer-Ausführungen 735
    - 31.1.5.3 Twin-Lamp-Indikator 737
    - 31.1.5.4 VSWR-Brücken 738
  - 31.1.6 Impedanzmesser 741
    - 31.1.6.1 Antennenmeßbrücken 741
    - 31.1.6.2 Rauschbrücken 743
  - 31.1.7 Meßleitung 745
  - 31.1.8 Analysatoren 746
  - 31.1.9 Feldstärkemesser 746
- 31.2 Messungen 748
  - 31.2.1 Resonanzmessung 748
  - 31.2.2 Anpassungsmessung 749
  - 31.2.3 Eingangswiderstandsmessung 750
  - 31.2.4 Leitungsmessung 752
  - 31.2.5 Gewinnmessung 753
    - 31.2.5.1 Vergleichsgewinn-Messung 754
    - 31.2.5.2 Absolutgewinn-Messung 754
  - 31.2.6 Modellmessung 756
- 31.3 Meßzubehör 757
  - 31.3.1 Dämpfungsglieder (Eichleitungen) 757
  - 31.3.2 Anpaßglieder 760
  - 31.3.3 Signalverteiler / Signalsummierer 761
    - 31.3.3.1 Resistive Verteiler 761
    - 31.3.3.2 Reaktive Verteiler 762

## **32 Symbolische Methode und Kreisdiagramme 768**

- 32.1 Komplexe Darstellung von Wechselgrößen 768
  - 32.1.1 Zeitlicher Verlauf einer harmonischen Wechselgröße 768
  - 32.1.2 Komplexe Zahlen 768
    - 32.1.2.1 Gaußsche Zahlenebene 769
    - 32.1.2.2 Darstellung komplexer Zahlen 769
  - 32.1.3 Komplexe Darstellung sinusförmiger Wechselgrößen 770
  - 32.1.4 Komplexer Widerstand 771
- 32.2 Ortskurven 772
- 32.3 Kreisdiagramme 772
  - 32.3.1 Buschbeck-Diagramm 773
  - 32.3.2 Smith-Diagramm 774
  - 32.3.3 Carter-Diagramm 775



- 32.4 Arbeiten mit dem Smith-Diagramm 776
- 32.4.1 Normierung und Dehnung 776
- 32.4.2 Umwandlung von Widerständen in Leitwerte 777
- 32.4.3 Widerstandstransformationen 779
- 32.4.3.1 Reihenschaltung von Widerständen 779
- 32.4.3.2 Parallelschaltung von Widerständen 780
- 32.4.3.3 Reihen-/Parallelschaltung von Widerständen 782
- 32.4.4 Leitungstransformation 783
- 32.4.4.1 Reflexionsfaktor und Welligkeit 783
- 32.4.4.2 Eingangswiderstand einer Leitung 785

### **33 Praktischer Antennenbau 787**

- 33.1 Werkstoffe 787
- 33.2 Korrosion 788
- 33.2.1 Allgemein 788
- 33.2.2 Korrosionsschutz 789
- 33.3 Antennenmaterial 789
- 33.3.1 Antennenleiter 789
- 33.3.1.1 Antennendrähte/-litzen 789
- 33.3.1.2 Antennenrohre 791
- 33.3.2 Abspannseile 791
- 33.3.2.1 Drahtseile 791
- 33.3.2.2 Kunststoffseile 791
- 33.3.3 Belastbarkeit 793
- 33.3.4 Abspannzubehör 793
- 33.5 Rotoren 795
- 33.6 Verbindungen 795
- 33.6.1 Verbinder 795
- 33.6.2 Koaxial-Steckverbinder 796
- 33.6.2.1 Allgemein 796
- 33.6.2.2 Steckertypen 797
- 33.7 Antennenaufbau 798
- 33.8. Antennenvorschriften 799
- 33.9. Errichtung von Antennen 801
- 33.9.1. Genehmigungen 801
- 33.9.2 Antrag zur Errichtung einer Außenantenne 803
- 33.9.3 Antennenvertrag 804
- 33.9.4 Versicherung 805

### **34 Blitzschutz, Erdung und Überspannungsschutz 810**

- 34.1 Einführung 810
- 34.2 Begriffe 811
- 34.2.1 Begriffe - Blitz 811
- 34.2.2 Begriffe - Erdung / Korrosion 811
- 34.2.3 Begriffe - Ableiter / Überspannung 813
- 34.3 Grundlagen 814
- 34.3.1 Blitz 814
- 34.3.1.1 Entstehung 814
- 34.3.1.2 Wirkungen und Schäden 814
- 34.3.2 Erdung 815
- 34.3.2.1 Werkstoffe 815
- 34.3.2.2 Korrosion 815
- 34.3.2.3 Erdungsmessung 816

- 34.3.3 Ableiter 819
  - 34.3.3.1 Funkenstrecken 819
  - 34.3.3.2 Gasentladungsableiter 819
  - 34.3.3.3 Varistoren 820
  - 34.3.3.4 Dioden 820
- 34.4 Anwendungen 821
  - 34.4.1 Blitz- und Überspannungsschutz bei Antennenanlagen 821
- 34.5 Bestimmungen 823

## **35 Sonderantennen 827**

- 35.1 Stationäre Sonderantennen 827
  - 35.1.1 Rundfunk-Sendebereiche 827
    - 35.1.1.1 LW- und MW-Sendeantennen 827
    - 35.1.1.2 Kurzwellen-Sendeantennen 828
    - 35.1.1.3 UKW- und TV-Sendeantennen 830
  - 35.1.2 Mobilfunk-Basisstationsantennen 832
  - 35.1.3 Richtfunkantennen 834
  - 35.1.4 Radarantennen 837
- 35.2 Mobile Sonderantennen 838
  - 35.2.1 Mobilfunk 838
    - 35.2.1.1 Auto-Funkantennen 840
    - 35.2.1.2 Seefunk 842
      - 35.2.1.2.1 Schiffs-Kommunikationsantennen 842
    - 35.2.1.3 Flugfunk 844
      - 35.2.1.3.1 Flug-Kommunikationsantennen 845
      - 35.2.1.3.2 Flug-Navigationsantennen 845
      - 35.2.1.3.3 Flug-Identifikationsantennen 846

## **36 Mikrowellen-Antennen 848**

- 36.1 Yagi-Antennen 848
  - 36.1.1 2-Element-Yagis für 23 und 13 cm 848
  - 36.1.2 4-Element-Yagi für 23 cm 848
- 36.2 Loop-Yagis 849
  - 36.2.1 Loop-Yagi für 23 cm 849
  - 36.2.2 Loop-Yagi für 13 cm 850
- 36.3 Quadantennen 850
  - 36.3.1 Doppelquad 850
    - 36.3.1.1 DJ9HO-Doppelquad für 23 cm 850
    - 36.3.1.2 DJ9HO-Doppelquad für 13 cm 851
  - 36.3.2 Vierfachquad 851
    - 36.3.2.1 DJ9HO-Doppelacht für 23 cm 851
    - 36.3.2.2 DJ9HO-Doppelacht für 13 cm 851
- 36.4 Gruppenantennen 851
  - 36.4.1 6-Element-Gruppe für 23 cm 852
  - 36.4.2 6-Element-Gruppe für 13 cm 852
  - 36.4.3 40-Element-Gruppe für 23 cm 852
- 36.5 Wendelantennen 853
  - 36.5.1 Wendelantenne für 23 cm 853
  - 36.5.2 Quadrifilar-Helixantenne 854
- 36.6 Ebener Reflektor 855
  - 36.6.1 Reflektorwand-Antenne 857
  - 36.6.2 Winkelreflektor-Antenne 858
  - 36.6.3 Parabolantenne 859

- 36.6.5 Erreger 860
- 36.7 Schlitzantennen 861
- 36.7.1 Ebene Schlitzantenne 861
- 36.7.2 Rohrschlitzantenne 861
- 36.7.3 Skelettschlitzantenne 862

### **37 Antennenzubehör 865**

- 37.1 Abschlußwiderstände 865
- 37.1.1 Lampen 865
- 37.1.2 Widerstände 865
- 37.2 Antennenschalter 866
- 37.2.1 Koaxialschalter 866
- 37.2.2 Koaxialrelais 866
- 37.2.3 Halbleiterschalter 867
- 37.3 Antennenvorverstärker 868
- 37.3.1 Einleitung 868
- 37.3.2 Begriffe 868
- 37.3.2.1 Rauschen 868
- 37.3.2.2 Intermodulation 869
- 37.3.2.3 Intercept-Punkt 870
- 37.3.2.4 1-dB-Kompressionspunkt 871
- 37.3.2.5 Dynamikbereich 871
- 37.3.3 Systemdaten von Empfangsanlagen 871
- 37.3.3.1 KW-Anlage 872
- 37.3.3.2 UKW-Anlage 872
- 37.3.4 Bauanleitung 873
- 37.4 Antennenweichen 874
- 37.4.1 Frequenzweichen 874
- 37.4.1.1 Diplexer 874
- 37.4.2 Kanalweichen 875
- 37.4.2.1 Duplexer 875

### **38 EMV 878**

- 38.1 Begriffsdefinitionen 878
- 38.2 Kopplung und Messung 879
- 38.3 EMV-Antennen 880
- 38.4 EMV-Vorschriften 880
- 38.5 Störungen 884
- 38.6 Filter 885
- 38.6.1 Tiefpaß 885
- 38.6.2 Hochpaß 886
- 38.6.3 Bandpaß 887
- 38.6.4 Bandsperre 887
- 38.7 Entstörmittel für Amateursender 888
- 38.7.1 Tiefpaßfilter für QRP-Sender 889
- 38.7.2 Zweifachtiefpaßfilter 889
- 38.7.3 Dreifachtiefpaßfilter 890
- 38.7.4 Mantelwellensperre 891
- 38.7.5 Tiefpaßfilter für VHF-Sender 891
- 38.8 Entstörmittel für Geräte der Unterhaltungselektronik 894
- 38.8.1 Tiefpaßfilter (LW/MW) 894
- 38.8.2 Hochpaßfilter 894
- 38.8.3 RF-Trenntransformator 895

- 38.8.4 RF-Stichleitung 896
- 38.8.5 RF-Notchfilter 897
- 38.8.6 Andere Entstörmittel 897
  - 38.8.6.1 Netzdrossel 898
  - 38.8.6.2 Lautsprecherdrossel 898
  - 38.8.6.3 Entstörglieder 898
- 38.8.7 Ferrite 899

## **39 EMVU 901**

- 39.1 Elektromagnetische Strahlung 901
  - 39.1.1 Einführung 901
  - 39.1.2 Begriffe 902
  - 39.1.4 Grenzwerte und Mindestabstände 905
  - 39.1.5 Zusammenfassung 907
- 39.2 Messung der elektromagnetischen Strahlung 908
  - 39.2.1 Fernfeldmessung 908
    - 39.2.1.1 Feldstärkemesser 909
    - 39.2.1.2 Meßantennen 910
  - 39.2.2 Nahfeldmessung 910
    - 39.2.2.1 Nahfeldstärkemesser 911
  - 39.2.3 Strahlungsmesser 912
- 39.3 Hinweise für Messung und Berechnung 913
  - 39.3.1 Praktische Hinweise für die Messung 913
  - 39.3.2 Praktische Hinweise für die Berechnung 913
    - 39.3.2.1 EIRP-Berechnung 914
    - 39.3.2.2 Feldstärkegrenzwerte 914
    - 39.3.2.3 Ermittlung des Sicherheitsabstandes 915
    - 39.3.2.4 Berücksichtigung der Betriebsarten 916
    - 39.3.2.5 Berücksichtigung der Winkeldämpfung 917
- 39.4 Normung 918
  - 39.4.1 Organisationen 918
  - 39.4.2 Vorschriften 918

## **40 Programme (Software) 922**

- 40.1 Allgemeines 922
- 40.2 Antennenprogramme 923
  - 40.2.1 CCIR-Antennenprogramme 923
  - 40.2.2 MININEC-Antennenprogramme 924
  - 40.2.3 Andere Antennenprogramme 930
- 40.3 Ausbreitungsprogramme 933
- 40.4 EMVU-Programme 938

## **41 Literaturverzeichnis 943**

- 41.1 Allgemeines 943
- 41.2 Antennenbücher 943
- 41.3 Antennenberichte 951
- 41.4 Fachzeitschriften 954
- 41.5 Klubzeitschriften (Amateurfunk) 957

## **42 Anhang 958**

- 42.1 Frequenzübersicht 958
- 42.2 Kanalübersicht 961
- 42.3 Antennenlängen 964

- 42.4 Koaxialkabel 966
- 42.5 Einheiten 968
- 42.6 Umrechnungen 970
- 42.7 Diagramme 976
- 42.8 UK-/US-Tabellen 981
- 42.9 Abkürzungen 984

**Schlagwortverzeichnis 985**