



dandelion.com

© 2008 AGI-Information Management Consultants
May be used for personal purposes only or by
libraries associated to dandelion.com network.

ROTHAMMELS ANTENNENBUCH

**vollkommen neu bearbeitet und erweitert von
DIPL-ING. ALOIS KRISCHKE**

Mit 882 Abbildungen und über 150 Tabellen

11., aktualisierte und erweiterte Auflage

Franckh-Kosmos

Inhalt

Vorwort

1.	Elektromagnetische Wellen	23
1.1.	Das elektromagnetische Feld	24
1.1.1.	Das elektrische Feld	24
1.1.2.	Das magnetische Feld	25
1.1.3.	Die Zusammenhänge zwischen elektrischem und magnetischem Feld	25
1.1.4.	Das elektromagnetische Wechselfeld	25
1.1.5.	Ebene Wellen	26
1.1.6.	Die elektrische Feldstärke	26
1.1.7.	Die Polarisation elektromagnetischer Wellen	27
1.1.8.	Einteilung der Radiowellen	28
2.	Die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	29
2.1.	Die Erdatmosphäre	29
2.1.1.	Die Troposphäre	29
2.1.2.	Die Stratosphäre	30
2.1.3.	Die Ionosphäre	30
2.2.	Bodenwelle und Raumwelle	31
2.2.1.	Die Ausbreitung der Bodenwelle	31
2.2.2.	Die Ausbreitung der Raumwelle	31
2.2.2.1.	Kritische Frequenz und MUF	33
2.2.2.2.	Die Dämpfung der Raumwellen	34
2.3.	Die Ausbreitung der Kurzwellen und ihre Besonderheiten	34
2.3.1.	Die Sonnentätigkeit	35
2.3.1.1.	Die solare Ausstrahlung elektromagnetischer Wellen	35
2.3.1.2.	Der Sonnenwind	35
2.3.1.3.	Die Sonnenflecken	36
2JJ.2.	Sonnentätigkeit und Ionosphäre	37
2.3.2.1.	Aufbau und Eigenschaften der ungestörten Ionosphäre	37
2.3.2.2.	Ionosphärenstörungen	39
2.3.3.	Allgemeingültige Regeln für die Ausbreitung in den Kurzwellen-Amateurbändern	41
2.4.	Die Ausbreitung der Meterwellen und ihre Besonderheiten	43
2.4.1.	Die quasioptische Ausbreitung	44
2.4.2.	Überreichweiten	44
2.4.2.1.	Troposphärisch bedingte Überreichweiten	44
2.4.2.2.	Überreichweiten durch Streuübertragung	45
2.4.2.3.	Die Reflexion an Meteorbahnen (Meteorscatter)	46
2.4.2.4.	Die Reflexion am Polarlicht	47
2.4.2.5.	Die Reflexion an der sporadischen E-Schicht	47
2.4.2.6.	Die VHF-Ausbreitung über Mondreflexion und Satelliten	47
2.5.	VLf-Ausbreitung (sferics)	48
2.6.	Reflexion, Refraktion und Diffraktion	48
2.7.	Schwund (fading)	49
2.8.	Diversity	49

3.	Wirkungsweise und Eigenschaften von Antennen.	52
3.1.	Der Halbwellendipol	52
3.1.1.	Die Strom- und Spannungsverteilung auf einem Halbwellenstrahler	52
3.1.2.	Die Impedanz der Antenne	54
3.1.3.	Der Strahlungswiderstand	55
3.1.4.	Der Halbwellendipol als Schwingkreis	55
3.1.5.	Der Verkürzungsfaktor	56
3.1.6.	Die wirksame Länge (effektive Höhe) des Halbwellendipols	58
3.2.	Richtwirkung und Gewinn von Antennen	59
3.2.1.	Die Strahlungscharakteristik	59
3.2.2.	Die Strahlungseigenschaften des Halbwellendipols	61
3.2.2.1.	Veränderungen der Richtcharakteristik von Horizontalantennen durch Umgebungseinflüsse	62
3.2.2.2.	Veränderungen der Richtcharakteristik von Vertikalantennen durch Umgebungseinflüsse	64
3.2.3.	Gewinn und Richtfaktor	65
3.2.3.1.	Bezugsantennen	67
3.2.3.2.	Der Zusammenhang zwischen Gewinn und Richtcharakteristik	68
3.2.3.3.	Der Zusammenhang zwischen Gewinn und Wirkfläche	69
3.2.3.4.	Gewinnumrechnungsformeln	70
3.2.3.5.	Antennenkenngrößentabelle	70
3.3.	Das Rauschen von Antennen	70
3.4.	Faltdipole	72
3.5.	Ganzwellendipole	74
4.	Antennenformen	77
4.1.	Einleitung	77
4.2.	Einteilung der Antennen	77
4.3.	Strahlerelemente	78
4.3.1.	Elementarstrahler	78
4.3.2.	Linearantennen	78
4.3.3.	Formantennen	78
4.3.4.	Schleifenantennen	79
4.3.5.	Schlitzantennen	79
4.3.6.	Aktivantennen	79
4.4.	Strahlergruppen	79
4.4.1.	Lineare Gruppen	80
4.4.2.	Ebene Gruppen	80
4.4.3.	Räumliche Gruppen	80
4.4.4.	Netzwerkgespeiste Gruppen	80
4.5.	Strahlerstrukturen	80
4.5.1.	Ebene Strukturen	81
4.5.2.	Räumliche Strukturen	81
4.6.	Strahleraperturen	82
4.6.1.	Reflektorantennen	82
4.6.2.	Hornantennen	82
4.6.3.	Linsenantennen	82
4.6.4.	Dielektrische Antennen	83
4.6.5.	Leckwellenantennen	83
5.	Die Speisung von Antennen	84
5.1.	Speiseleitungen	84
5.1.1.	Der Wellenwiderstand einer Leitung	84
5.1.1.1.	Das Dielektrikum von HF-Leitungen	86
5.1.1.2.	Die Ermittlung des Wellenwiderstandes durch einfache Messungen	88
5.1.2.	Paralleldrahtleitungen	88

5.1.3.	Koaxialkabel	89
5.1.4.	Die Dämpfung von HF-Leitungen	90
5.1.5.	Hinweise für die Verwendung von HF-Leitungen	91
5.1.6.	Die Kennzeichnung von HF-Leitungen	92
5.1.7.	Die Eindrahtwellenleitung	93
5.2.	Die physikalischen Eigenschaften von HF-Leitungen	95
5.2.1.	Die Spannungsverteilung entlang einer Zweidrahtleitung	95
5.2.2.	Zusätzliche Leitungsverluste durch stehende Wellen	98
5.2.3.	Die Zweidrahtleitung als Abstimmelement	101
5.3.	Die Speisungsarten	103
5.3.1.	Die angepaßte Speiseleitung	103
5.3.2.	Die abgestimmte Speiseleitung	104
6.	Anpassungs- und Transformationsglieder	108
6.1.	Die Delta-Anpassung	108
6.2.	Die T-Anpassung	109
6.3.	Die Gamma-Anpassung	110
6.4.	Die Omega-Anpassung	110
6.5.	Der Viertelwellentransformator (Q-Match)	112
6.6.	Die Anpaßleitung (Stichleitung)	113
6.7.	Anpassung mit konzentrierten Schaltelementen	118
6.7.1.	L-Glied	118
6.7.2.	Die <i>Boucherot-Brücke</i> als Anpassungsglied	121
6.7.3.	T-Glied	121
6.7.4.	Pi-Glied	122
6.7.5.	Resonanztransformation	122
6.8.	Breitbandübertrager	122
7.	Symmetrier- und Sperrglieder	125
7.1.	Einführung	125
7.2.	Grundlagen	126
7.3.	Symmetrierglieder	127
7.3.1.	Übertrager	127
7.3.1.1.	Antennenkoppler	128
7.3.1.2.	Resonanz-Balun	128
7.3.1.3.	Leitungsübertrager	128
7.3.1.4.	Breitbandübertrager	129
7.3.2*	Umwegleitungen	130
7.3.2.1.	Halbwellen-Umwegleitung	130
7.3.2.2.	Reaktiv-Balun	131
7.3.2.3.	Phasentransformator	132
7.3.2.4.	Carter-Schleife	132
7.3.2.5.	Hybrid-Ringe	132
7.3.3.	Symmetrierschleifen	132
7.3.3.1.	EMI-Schleife	132
7.3.3.2.	Pawsey-Schleife	133
7.3.3.3.	Breitbandsymmetrierschleife	133
7.3.3.4.	Potentialtransformator	134
7.3.3.5.	Rahmen-Balun	134
7.3.3.6.	Schlitz-Balun	135
7.3.3.7.	Offene Symmetrierschleife	135
7.3.3.8.	Halbschalen-Balun	135
7.3.3.9.	ST-Leitung	136
7.3.4.	Symmetrierbrücken	136
7.3.4.1.	Boucherot-Brücke	136
7.3.4.2.	Alford-Netzwerk	137

7.3.5.	Symmetriertöpfe	137
7.3.5.1.	Halbwellen-Symmetriertopf	137
7.3.5.2.	Gefalteter Balun	137
7.3.5.3.	Kompensierter Balun	137
7.4.	Sperrglieder	138
7.4.1.	Resonanzsperrn	138
7.4.1.1.	Radiais	138
7.4.1.2.	Viertelwellen-Sperrtopf	139
7.4.1.3.	Abgestimmter Kreis	139
7.4.1.4.	Integral Balun	140
7.4.1.5.	Offener Sperrtopf	140
7.4.2.	Breitbandsperren	141
7.4.2.1.	Bifilare Spule	141
7.4.2.2.	Kabeldrossel	141
7.4.2.3.	Ferritkerndrossel	142
7.4.3.	Absorber	143
7.4.3.1.	Ferritabsorber	143
7.4.3.2.	Widerstandsabsorber	144
7.4.3.3.	Stahlwolleabsorber	145
7.5.	Sonderformen	145
7.5.1.	Widerstands-Symmetrierung	145
7.5.2.	X/2-Schaltung	145
7.5.3.	Feldraum-Symmetrierung	145
7.5.4.	Resonator-Symmetrierung	145
7.5.5.	Topfkreis-Symmetrierung	146
7.5.6.	Tapered Baluns	146
7.5.7.	Koppler-Balun	147
7.5.8.	Halbwellen-Sperre	147
7.5.9.	Faltdipol-Baluns	147
7.5.10.	Gamma-Anpassung	147
7.5.11.	Omega-Anpassung	148
7.5.12.	L-Anpassung	148
7.5.13.	Kapazitäts-Balun	148
8.	Die Ankopplung der Speiseleitung an die Senderendstufe	151
8.1.	Die Ankopplung angepaßter Speiseleitungen	152
8.1.1.	Die Ankopplung von Koaxialkabeln	152
8.1.1.1.	Die Berechnung eines Co/Zins-Filters	154
8.1.1.2.	Die Ankopplung von Koaxialkabeln an VHF-Endstufen	154
8.1.2.	Die Ankopplung von symmetrischen, angepaßten Speiseleitungen	155
8.2.	Die Ankopplung abgestimmter Speiseleitungen	156
8.3.	Transmatch	160
8.3.1.	Ultimate Transmatch	160
8.3.2.	T-Transmatch	161
8.3.3.	SPC-Transmatch	161
8.4.	Industriell gefertigte Antennen-Anpaßgeräte	161
8.5.	Allgemeine Empfehlungen für den Einsatz von Antennen-Anpaßgeräten	162
9.	Praxis der HF-Antennen	164
9.1.	Übersicht	164
9.2.	Die beste Antenne für den DX-Jäger	167
9.3.	Die Aussagekraft von Gewinnangaben	168
9.4.	Kostenüberlegungen zu Richtantennensystemen	169
10.	Halbwellenstrahler	171
10.1.	Einbanddipole	171

10.1.1.	Y-Antenne	171
10.1.2.	Der Dipol mit Koaxialkabelspeisung	171
10.1.3.	Behelfsdipol	172
10.1.4.	Faltdipol	172
10.2.	Mehrbanddipole	173
10.2.1.	Zeppelin-Antenne	173
10.2.1.1.	Mehrbandzepp	174
10.2.1.2.	Doppel-Zepp	174
10.2.2.	Die Windom-Antenne	176
10.2.2.1.	VSIAA-Windom-Antenne	178
10.2.2.2.	Symmetrisch gespeiste Windom-Antenne	178
10.2.2.3.	Koaxialgespeiste Windom-Antenne	180
10.2.2.4.	Doppel-Windom-Antennen	180
10.2.3.	Angepaßter Dreibanddipol	181
10.2.4.	Angepaßter Vierbanddipol	182
10.2.5.	Mehrfachdipole	183
10.2.6.	G5RV-Multibandantenne	184
10.2.7.	Sperrkreisdipole	187
10.2.7.1.	W3DZZ-Antenne	187
10.2.7.2.	Mehrband-Trap-Antenne nach HA5DM	190
10.2.7.3.	Dreiband-Trap-Antennen	190
10.3.	Raumsparende Antennenanordnungen	192
10.3.1.	Verschachtelte Mehrbanddipole	192
10.3.2.	Verkürzte Dipole	193
10.3.3.	Die Drahtpyramide	193
10.4.	Winkeldipole	195
10.4.1.	Rundstrahlender Ganzwellenwinkeldipol	196
10.5.	Schrägantennen (Sloper)	196
10.6.	Breitbanddipole	197
10.6.1.	Ganzwellendipol	197
10.6.2.	Die T2FD-Antenne	198
10.6.3.	Abgeschlossener Breitbanddipol	199
10.7.	Sonderformen	200
10.7.1.	Optimierter Dipol	200
10.7.2.	Extended Dipol	200
10.8.	Dipolabstimmung	201
11.**	Langdrahtantennen	204
11.1.	Die L-Antenne	206
11.2.	Die <i>Fuchs-Antenne</i>	208
11.3.	Die DZ, 7/4 5-Mehrbandantenne	209
11.4.	Die V-Antenne	210
11.4.1.	Der V-Stern	211
11.4.2.	Gestockte V-Antennen	212
11.4.3.	Die stumpfwinklige V-Antenne	213
11.5.	Die offene Rhombusantenne	213
11.6.	Der verlängerte Doppel-Zepp	214
11.7.	Die K4EF-Sechsband-Langdrahtantenne	214
12.	Aperiodische Langdrahtantennen	218
12.1.	Abgeschlossene Langdrahtantennen	218
12.2.	Die Severage-Antenne	219
12.3.	Abgeschlossene V-Antennen	221
12.4.	Abgeschlossene Rhombusantennen	222
12.4.1.	Die Speisung der Rhombusantenne	223
12.4.2.	Der Abschlußwiderstand	223

12.4.3.	Die Konstruktion des Rhombus.	224
12.4.4.	Der Mehrbandbetrieb.	225
12.4.5.	Sonderformen der Rhombusantennen.	226
13.	Querstrahler (Gleichphasig erregte Dipolkombinationen) .	227
13.1.	Die Dipollinie (kollineare Dipole).	227
13.2.	Die Dipolzeile (parallele Dipole).	228
13.3.	Dipolgruppen.	230
13.4.	Praktische Bauformen von Drahrtrichtantennen.	230
13.4.1.	Zwei-Element-Kollineardipol.	230
13.4.2.	Die <i>Franklin-Antenne</i>	231
13.4.3.	Der «Faule Heinrich» (Lazy-H).	233
13.4.4.	Die <i>DJ4VM-Quad</i> -Antenne.	235
13.4.5.	Der Bisquare-Strahler.	235
13.4.6.	Der gestockte Ganzwellendipol.	237
13.4.7.	Der Six-Shooter.	237
13.4.8.	Bruce-Antennen.	238
13.4.9.	Sterba-Antennen.	239
14.	Längsstrahler (Gegenphasig erregte Dipolkombinationen) .	241
14.1.	<i>W8JK-Richtantennen</i>	242
14.2.	Längsstrahler mit einseitiger Richtcharakteristik.	245
14.2.1.	Der ZL-Spezial-Beam.	245
14.2.2.	Die //59CF-Antenne.	247
14.2.3.	Der umschaltbare 2-Element-Richtstrahler.	249
15.	Richtantennen mit Ganzwellenschleifen	251
15.1.	Das Quad-Element.	251
15.2.	Das Oblong.	253
15.3.	Die Delta-Schleife.	254
15.4.	Ganzwellenschleifen mit Reflektoren.	256
15.4.1.	Das <i>Cubical-Quad</i>	256
15.4.2.	Der Ringbeam.	259
15.4.2.1.	Der 2-Element-Ringbeam.	260
15.4.2.2.	Der 3-Element-Ringbeam.	260
15.4.3.	Die Vogelkäfig-Antenne.	260
15.4.4.	Ganzwellenschleifen mit gespeisten Reflektor.	262
15.4.4.1.	Vollgespeiste Ganzwellen-Richtantennen.	262
15.4.4.2.	Die Swiss-Quad-Antenne.	263
15.4.5.	Richtantennen mit Delta-Schleifen.	266
15.5.	Ganzwellenschleifen im Vergleich.	269
16.	Drehrichtstrahler mit strahlungsgekoppelten Elementen ..	271
16.1.	Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit von Drehrichtstrahlern	273
16.2.	Horizontale 2-Element-Drehrichtstrahler.	275
16.3.	Horizontale 3-Element-ya [^] -Antennen.	276
16.4.	Die Speisung der Drehrichtstrahler.	277
16.5.	Der Antennenträger.	277
16.6.	Die Befestigung des Richtstrahlers auf dem Tragemast.	278
16.7.	Sonderformen von Einband-Drehrichtstrahlern.	278
16.7.1.	Der X-Beam.	278
16.7.2.	Das GiZ,DO-Doppel-D.	279
17.	Richtantennen mit verkürzten Elementen	282
17.1.	Der VK2AO£/-Minituarbeam.	283
17.2.	Der Minituarbeam nach W8YIN.	285

17.3.	Der verkürzte Angelrutendrehrichtrahler für das 10-m-Band	286
17.4.	Verkürzte Quad-Antennen	287
18.	Mehrbandrichtstrahler	289
18.1.	Der Dreibanddrehrichtrahler nach <i>G4ZU</i>	289
18.1.1.	Ein nachbausicherer <i>G4ZU</i> -Dreiband-Beam	294
18.1.2.	Der abgewandelte <i>G4ZU</i> -Beam	296
18.2.	Der <i>K0,40£/-</i> -Dreiband-Beam	297
18.3.	Der <i>DL/FÄT</i> -Dreiband-Beam	300
18.4.	Der <i>fJDZZ</i> -Dreiband-Beam	303
18.5.	Dreiband-Quad nach <i>VK2AOU</i>	305
18.6.	Die <i>DJ^FAZ</i> -Multiband-Quad	309
18.7.	Mehrband-Delta-Loop-Antennen mit Einfachschleifen	312
18.7.1.	Verkürzte Zweiband-Delta-Loop	312
18.7.2.	Die Dreiband-Delta-Loop-Antenne	312
18.7.3.	Die //59-Multiband-Delta-Loop-Antenne	314
18.8.	Verschachtelte Mehrband- <i>Yagi</i> -Antennen	315
18.8.1.	Die Zweiband- <i>Yagi</i> für 20 und 15 m nach <i>KH6OR</i>	315
18.8.2.	Verschachtelte Zweiband- <i>Yagi</i> für 20 und 15 m nach <i>W8FYR</i>	316
18.8.3.	Verschachtelte Zweiband- <i>Yagi</i> für 15 und 10 m	317
18.8.4.	Bauformen des <i>VK2ABQ</i> -Beam	317
18.9.	Verschachtelte Dreiband-Cubical-Quad-Antennen	319
18.9.1.	Das Dreiband-Quad nach <i>W4NNO</i>	320
18.9.2.	Das <i>CQ-PA</i> -Dreiband-Quad	322
18.9.3.	Verspannte Dreiband-Quad	325
18.9.4.	Mehrband-Quad-Antennen mit Direktoren	328
18.9.4.1.	Dreiband-Quad-Antenne mit 4 Elementen	328
18.9.4.2.	Dreiband-Quad-Antenne mit 3, 4 bis 5 Elementen	329
18.9.4.3.	Fünfband-Quad-Antenne mit 2 Elementen	330
18.9.5.	Die Dreiband-Vogelkäfig-Antenne	332
18.10.	Sonstige Mehrband-Delta-Loop-Antennen	333
18.10.1.	Verschachtelte Mehrband-Delta-Loop-Antennen	333
18.10.2.	Eine Mehrband-Delta-Loop-Kombination	333
18.11.	LowBaseQuad	335
18.12.	Logarithmisch periodische Antennen	336
18.12.1.	Einführung	336
18.12.2.	Logarithmisch periodische Dipolantennen (LPDA)	336
1842-3.	Logarithmisch periodische <i>Yagi</i> -Antennen	342
18	J2.4. Logarithmisch periodische V-Antennen	343
19.	Vertikal polarisierte Kurzwellenantennen	346
19.1.	Die HF-Erde	346
19.1.1.	Erdnetz	346
19.1.2.	Gegengewicht	348
19.2.	Die Kenngrößen von Vertikalantennen	349
19.3.	Die Strahlungseigenschaften von Vertikalantennen	352
19.4.	Bauformen rundstrahlender Vertikalantennen	354
19.4.1.	Die Groundplane-Antenne	354
19.4.1.1.	Die geerdete Groundplane	355
19.4.1.2.	Die Triple-Leg-Antenne	356
19.4.1.3.	Die Mehrleiter-Groundplane	357
19.4.1.4.	Bemessungshinweise für einfache Groundplane	358
19.4.1.5.	Die verlängerte Groundplane	359
19.4.1.6.	Geerdete Vertikalantennen mit Omega-Anpassung	361
19.4.1.7.	Die gefaltete 3/8- λ -Vertikalantenne	362
19.4.1.8.	Die 5/8-X-Vertikalantenne	362
19.4.1.9.	Die verkürzte Groundplane	364

19.4.1.10.	Die kapazitiv belastete Groundplane	365
19.4.2.	Vertikale Halbwellenstrahler und Dipolzeilen	367
19.4.2.1.	Der vertikale Halbwellendipol	367
19.4.2.2.	Endgespeiste vertikale Halbwellenstrahler.	368
19.4.2.3.	Endgespeiste vertikale Dipolzeilen	370
19.4.3.	Vertikal polarisierte T- und L-Antennen	371
19.4.4.	Koaxiale Vertikalantennen	372
19.4.5.	Die Zweiband-T-Antenne	374
19.5.	Vertikal polarisierte Antennen für den Mehrbandbetrieb.	374
19.5.1.	Mehrband-Groundplane-Antennen mit umschaltbaren Verlängerungsspulen	375
19.5.2.	Umschaltbare Mehrband-Vertikalantennen	378
19.5.2.1.	Umschaltbare Dreiband-Vertikalantenne für 20, 40 und 80 m nach <i>LAIEI</i>	379
19.5.2.2.	Umschaltbare Vierband-T-Antenne nach <i>DL2EO</i>	380
19.5.3.	Mehrband-Vertikalantennen ohne Umschalter.	380
19.5.4.	Vertikale Mehrbandantennen mit Multibandkreisen.	383
19.5.4.1.	Dreiband-Groundplane mit Mehrbandkreisen für 10, 15 und 20 m nach <i>VK2AZN</i>	383
19.5.4.2.	Vierband-Groundplane mit Mehrbandkreis für 80 und 40 m.	384
19.5.4.3.	Vertikalantennen mit Mehrbandkreisen nach <i>VK2AOU</i>	386
19.5.5.	Die JF-Zweiband-Vertikalantenne für 30 und 12 m.	386
19.6.	Vertikal polarisierte Ringantennen	387
19.6.1.	Die DDDR-Antennen	387
19.6.1.1.	Die X/4-Ringantenne	387
19.6.2.	Die k/2-Ringantenne	390
19.7.	Vertikal polarisierte Breitbandantennen	390
19.7.1.	Eine vertikale Multiband-r2FD-Antenne	391
19.7.2.	Diskon-Antenne	391
19.7.3.	Die Doppelkegel-Breitbandantenne	396
19.8.	Vertikal polarisierte Delta-Loop-Antennen	396
19.8.1.	Delta-Loop-Antenne mit Dachkapazität	397
19.8.2.	Die halbe Delta-Loop-Antenne	397
19.9.	Vertikal polarisierte Richtantennen	400
19.9.1.	2-Element-Vertikalantennen mit auswechselbaren Elementen	400
19.9.2.	Der Quick-Heading Beam	401
19.9.3.	2-Element-Delta-Loop für 3,5 MHz	402
19.10.	Sonderformen ^{*§}	404
19.10.1.	KW-Wendelantenne	404
20.	Magnetische Antennen	408
20.1.	Die Wirkungsweise magnetischer Antennen	408
20.2.	Der praktische Aufbau magnetischer Antennen	413
20.3.	Die elektrisch-magnetische Groundplane-Loop (EMGL).	416
20.4.	Vorteile der magnetischen Antennen	417
20.5.	Strahlungseigenschaften.	418
20.6.	Bauanleitungen	419
21.	Aktive Antennen	421
21.1.	Einführung	421
21.2.	Grundlagen	421
21.3.	Anwendungen	424
21.4.	Zusammenfassung	425
21.5.	Bauanleitungen	425
22.	Praxis der VHF-/UHF-Antennen	429
22.1.	Die Polarisation der VHF/UHF-Antennen	429

22.2.	Hinweise für den Aufbau und Einsatz von VHF-/UHF-Antennen	430
22.3.	Die zweckmäßige Auswahl einer VHF-UHF-Antenne.	431
22.4.	Die Wahrheit über VHF-/UHF-Antennen.	432
22.5.	Bezugsantennen für VHF und UHF.	433
23.	Längsstrahler für VHF und UHF.	436
23.1.	VHF-/UHF-Richtantennen mit 2 Elementen.	436
23.1.1.	2-Element-Antenne für 2 m.	436
23.1.2.	HB 9 CF-Antennen für 2 m und für 70 cm.	436
23.2.	Yagi-Uda-Antennen für UHF und VHF.	438
23.2.1.	Wirkungsweise und Gewinn von yagi-Antennen.	438
23.2.2.	Hinweise zum Selbstbau von Yagi-Antennen.	442
23.3.	Kurz-/Lang-Tag/-Antennen	446
23.3.1.	Kurze Fagi-Antennen.	446
23.3.1.1.	3-Element-Yagi-Antennen.	447
23.3.1.2.	6-Element-Yög/-Antenne.	448
23.3.1.3.	9-Element-yag/-Antenne.	449
23.3.2.	Kurze yagi-Antennen für 70 cm.	449
23.3.2.1.	4-Element-rag;-Antenne.	449
23.3.2.2.	6-Element-yagi-Antenne.	450
23.3.3.	Lange yagi-Antennen für 2 m.	450
23.3.3.1.	Die ö-Element-Lang-Fagi-Antenne nach DL 2 RSX	451
23.3.3.2.	Die Lang-yagZ-Serie von DL 6 WU.	453
23.3.3.3.	Die 10-Element-Lang-Yagi-Antenne nach OK 1 DE.	457
23.3.4.	Lang-Yagi-Antennen für 70 cm.	457
23.3.4.1.	Lang-yagi-Serie von DL 6 WU.	458
23.3.4.2.	18-Element-Breitband-Lang-Yagi.	459
23.4.	Quad-Yagi-Antennen.	460
24.	Gruppenantennen und gestockte Yagi-Antennen für VHF und UHF.	463
24.1.	Gruppenantennen.	463
24.1.1.	Die Speisung von Gruppenantennen.	464
24.1.2.	Gruppenantennen mit Reflektoren.	469
24.1.3.	Gruppenantennen mit Reflektorwänden.	469
24.1.4.	Die Praxis der Gruppenantennen.	470
24.1.4.1.	Die 12-Element-Gruppenantenne.	470
24.1.4.2.	Die 16-Element-Gruppenantenne.	471
24.1.4.3.	12-Element-Gruppenantenne für 70 cm.	473
24.1.4.4.	Die HB9CF-Gruppenantenne.	474
24.2.	Gestockte yög/-Antennen.	476
24.2.1.	Das Prinzip der Superposition.	476
24.2.2.	Die Gruppenbildung mit optimalen Abständen.	477
24.2.3.	Die Erregung von Fagj-Antennen.	479
24.2.4.	Die Praxis der yag/-Gruppenantennen.	480
24.2.4.1.	Gruppenanordnungen mit der 6-Element-Lang-yagi nach DL2RSX	481
24.2.4.2.	Lang- Yagi -Gruppen für 70 cm.	484
24.2.5.	Sonderformen gestockter yagi-Antennen.	485
24.2.5.1.	Gestockte yagi-Antenne 6 über 6 nach OH2EW.	485
24.2.5.2.	Gestockte Kurz-Yagi 4 über 4.	486
24.2.5.3.	Der DL7KM-Beam für 2 m.	486
24.2.5.4.	Der DL7KM-Beam für 70 cm.	489
25.	Rundstrahlantennen für VHF und UHF.	491
25.1.	Vertikal polarisierte VHF-Rundstrahler.	491
25.1.1.	Die Koaxialantenne.	492
25.1.2.	Die J-Antenne.	492

25.1.2.1.	Eine J-Antenne für 2 m	494
25.1.2.2.	Die Bandleitungs-J-Antenne für 2m	494
25.1.3.	Die 5/8-Y-Vertikalantenne	495
25.1.4.	Gestockte, vertikal polarisierte Rundstrahler	496
25.1.5.	Vertikal gestockte 5/8-Y-Strahler	501
25.1.6.	Die DDRR-Antenne für 145 MHz	503
25.1.7.	Der Discone-Breitband-Rundstrahler	503
25.2.	Horizontal polarisierte VHF- und UHF-Rundstrahler	504
25.2.1.	Der Ringdipol (Halo-Antenne)	504
25.2.2.	Der Winkeldipol	505
25.2.3.	Die Drehkreuzantenne	506
25.2.4.	Der Alford-Loop	507
25.2.5.	Die Malteserkreuzantenne	507
25.2.6.	Die Big-Wheel-Antenne	509
25.2.7.	Die Batwing- und Superturnstile-Antenne	512
25.2.8.	Die rundstrahlende Doppelwendelantenne	513
25.2.9.	Der Doppelquad-Rundstrahler nach <i>DL7QZ</i>	514
26.	Sonderformen der VHF- und UHF-Antennen	517
26.1.	Flächendipole und ihre Kombinationen	517
26.1.1.	Der Flächendipol	517
26.1.2.	Der Fächerdipol (Fan-Dipol)	518
26.1.3.	Der abgewinkelte Flächendipol	519
26.2.	Reflektorwandantennen	520
26.2.1.	Reflektorwand-Breitbandantennen	521
26.2.2.	Gestockte Reflektorwand-Breitbanddipole	521
26.2.3.	Der Winkelreflektor (Corner Reflector)	522
26.3.	Sonderformen von Längsstrahlern	525
26.3.1.	Die Backfire-Antenne	525
26.3.2.	Die Short-Backfire-Antenne	526
26.4.	Schlitzantennen	527
26.5.	Zirkular polarisierte Antennen	529
26.5.1.	Die Helical-Antennen	530
26.5.2.	Zirkular polarisierte Yagi-Antennen	534
26.6.	Logarithmisch periodische Antennen für VHF und UHF	539
26.7.	Wendelantenne	545
26.8.	Doppelwendelantenne	545
26.9.	Helikon-Antenne	547
27.	Kurzwellenantenne im VHF- und UHF-Bereich	548
27.1.	Gestockte V-Antenne für den UHF-Bereich	548
27.2.	Rhombusantennen im VHF- und UHF-Bereich	549
27.3.	<i>Cubical</i> Quad für VHF	550
27.3.1.	Einfache <i>Cubical</i> Quad	551
27.3.2.	Gestockte <i>Cubical</i> Quad	551
27.3.3.	Eine Quad-Gruppe für das 2-m-Band	552
27.3.4.	Doppelquad und Hybrid-Doppelquad nach <i>DL7KM</i>	553
27.3.5.	Die 4-Quad-Serie	557
27.4.	Die Vorhang-Quad-Antenne	557
27.5.	Mehrelement-Quad	559
27.5.1.	Quagi	559
27.5.2.	X-Quad	559
27.6.	Der Ringbeam für VHF	560
27.7.	Duoband Fensterquad	561
28.	Amateurantennen für den beweglichen Einsatz	562
28.1.	Antennen für den Portabiebetrieb	562

28.2.	Kurzwellenantenne für den Mobileinsatz	563
28.2.1.	Die mechanische Ausführung verkürzter Vertikalantennen	563
28.2.2.	Die elektrischen Eigenschaften verkürzter Vertikalantennen	564
28.2.2.1.	Die Verlängerungsspule für verkürzte Vertikalantennen	565
28.2.2.2.	Die Anpassung verkürzter Vertikalantennen an die Speiseleitung	567
28.2.2.3.	Bemessungsangaben für mechanisch verkürzte Mobilantennen	569
28.2.2.4.	Verkürzte Vertikalantennen mit verteilter Induktivität (Heliwhip)	570
28.3.	VHF-Antennen für den Mobilbetrieb	571
28.3.1.	Vertikal polarisierte VHF-Mobilantennen	572
28.4.	Fuchsjagdsender	573
28.4.1.	Peilantennen für das 80-m-Band	573
28.4.2.	Peilantennen für die 2-m-Fuchsjagd	576
28.5.	CB-Antennen	577
28.5.1.	Antennen für 11 -m-Handsprechfunkgeräte	579
28.5.2.	Antennen für 11 -m-Autosprechfunkgeräte	579
28.5.3.	Antennen für ortsfeste 11-m-Sprechfunkgeräte	581
28.5.4.	11-m-Mini-Beam	582
29.	Antennen für den Hörrundfunk- und Fernsehempfang	583
29.1.	Die Wellenausbreitung in den Bereichen des AM-Hörrundfunks	583
29.1.1.	Ausbreitungseigenschaften der Kurzwellen	583
29.1.2.	Ausbreitungseigenschaften der Mittelwellen	584
29.1.3.	Ausbreitungseigenschaften der Langwellen	584
29.2.	Empfangsantennen für den Kurz-, Mittel- und Langwellenrundfunk	585
29.2.1.	Hochantennen	585
29.2.1.1.	L- und T-Antennen für Mittel- und Langwellen	585
29.2.1.2.	Langdrahtantenne für den Rundfunkempfang	586
29.2.1.3.	Vertikalstab-Hochantennen mit abgeschirmter Ableitung	587
29.2.1.4.	Breitband-Kurzwellen-Empfangsantennen	587
29.2.2.	Ferritstabantennen	588
29.2.3.	Autoantennen	589
29.3.	Fernseh-Empfangsantennen	590
29.3.1.	Die 1-Element-Antenne	591
29.3.2.	Die 2-Element-Antenne	592
29.3.3.	Die 3-Element-Kag/-Antenne	592
29.3.4.	Die 4-Element-Yagi-Antenne	592
29.3.5.	Die 6-Element-Kanalgruppen-y<3g/-Antenne	593
29.3.6.	Die 8-Element-Fag;-Antenne	594
29.3.7.	Die 9-Element-y<2g/-Antenne	594
29.3.8.	Die 13-Element-Yagi-Antenne	596
29.3.9.	Die 20-Element-Kanalgruppen-yagi-Antenne	596
29.3.10.	Fernseh-Gruppenantennen	597
29.3.11.	Gestockte Fernseh-Yagi-Antennen	598
29.3.12.	UHF-Fernsehantennen	600
29.3.12.1.	UHF-Yagi-Antennen	601
29.3.12.2.	UHF-Ganzwellendipole vor einem Reflektor	602
29.3.12.3.	Die Winkelreflektorantennen für UHF-Fernsehen	603
29.3.12.4.	Logarithmisch periodische UHF-Fernsehantennen	603
29.3.12.5.	Sonstige Bauformen breitbandiger UHF-Fernsehantennen	604
29.4.	UKW-Empfangsantennen	605
29.5.	Satelliten-Empfangsantennen	606
29.5.1.	Einführung	606
29.5.2.	Satelliten	607
29.5.3.	Antennen	608
29.5.4.	Zusatz	611

30.	Funkentstörung	612
30.1.	Allgemeine Maßnahmen der Funkentstörung	612
30.2.	Filter	613
30.2.1.	Der Tiefpaß	614
30.2.2.	Der Hochpaß	615
30.2.3.	Der Bandpaß	616
30.2.4.	Die Bandsperre	616
30.3.	Praktisch ausgeführte Antennenfilter für Amateursender	617
30.3.1.	Tiefpaßfilter für QRP-Sender	617
30.3.2.	Zweifachtiefpaßfilter	617
30.3.3.	Dreifachtiefpaßfilter	618
30.3.4.	Mantelwellensperre	620
30.3.5.	Tiefpaßfilter für VHF-Sender	620
30.4.	Praktisch ausgeführte Antennenfilter für Amateur-Sender	622
30.4.1.	Hochpaßfilter	623
30.4.2.	HF-Trenntransformator	624
30.4.3.	HF-Stichleitung	625
30.4.4.	Tiefpaßfilter	626
30.4.5.	Andere Entstörmittel	626
31.	Antennenmeßgeräte und Antennenmessungen	629
31.1.	Geräte	629
31.1.1.	Strom-/Spannungsanzeigergeräte	629
31.1.2.	Resonanzprüfer (Dip-Meter)	630
31.1.2.1.	Einröhrenschaltungen	631
31.1.2.2.	Ein Grid-Dip-Meter für UHF	633
31.1.2.3.	Grid-Dip-Meter kombiniert	633
31.1.2.4.	Transistor-/FET-Dip-Meter	634
31.1.3.	Stehwellenmeßgeräte	635
31.1.3.1.	Reflektometer und Richtkoppler	635
31.1.3.2.	Das Monimatch	637
31.1.3.3.	Reflektometer mit U-förmigem Außenleiter	639
31.1.3.4.	Twin-Lamp-Indikator	640
31.1.3.5.	VSWR-Brücken	641
31.1.4.	Impedanzmesser	643
31.1.4.1.	Das Antennascope	643
31.1.4.2.	Der Matchmaker	645
31.1.4.3.	Rauschbrückeff	646
31.1.5.	Die Meßleitung	648
31.1.6.	Feldstärkeanzeigergeräte	649
31.2.	Messungen	650
31.2.1.	Resonanzmessungen	650
31.2.2.	Anpassungsmessung	652
31.2.3.	Eingangswiderstandsmessung	652
31.2.4.	Leitungsmessung	655
31.2.5.	Gewinnmessung	656
31.2.5.1.	Vergleichsgewinn	657
31.2.5.2.	Absolutgewinn Messung	657
31.2.6.	Modellmessung	658
31.3.	Zubehör	659
31.3.1.	Abschlußwiderstände	659
31.3.2.	Dämpfungsglieder (Eichleitungen)	660
32.	Symbolische Methode und Smith-Diagramm	664
32.1.	Die komplexe Darstellung von Wechselgrößen	664
32.1.1.	Zeitlicher Verlauf einer harmonischen Wechselgröße	664

32.1.2.	Komplexe Zahlen	664
32.1.3.	Komplexe Darstellung sinusförmiger Wechselgrößen	666
32.1.4.	Komplexer Widerstand	666
32.2.	Ortskurven	667
32.3.	Das <i>Smith-Diagramm</i>	668
32.3.1.	Gaußsche Halbebene und <i>Smith-Diagramm</i>	668
32.3.2.	Die Darstellung komplexer Widerstände und Leitwerte im <i>Smith-Diagramm</i>	668
32.3.3.	Die Umwandlung von Widerständen in Leitwerte	669
32.3.4.	Widerstandstransformation mit Hilfe des <i>Smith-Diagramms</i>	670
32.3.4.1.	Reihenschaltung von Widerständen	670
32.3.4.2.	Parallelschaltung von Widerständen	671
32.3.4.3.	Widerstandstransformation mit 2 Blindwiderständen	674
32.3.5.	Das <i>Smith-Diagramm</i> als Leistungsdiagramm	675
32.3.5.1.	Reflexionsfaktor und Anpassungsfaktor	675
32.3.5.2.	Der Eingangswiderstand einer Leitung	675
33.	Praktischer Antennenbau	679
33.1.	Antennenmaterial	679
33.1.1.	Antennenlitzen	679
33.1.2.	Abspannseile	680
33.1.3.	Antennenrohre	682
33.1.4.	Zubehör	682
33.2.	Antennenmaste	684
33.2.1.	Mäste / Rohre	684
33.2.2.	Festigkeit	685
33.2.3.	Zubehör	686
33.3.	Werkstoffe	687
33.4.	Korrosion	688
33.5.	Rotoren	689
33.6.	HF-Stecker	689
33.7.	Blitzschutz und Erdung	690
33.7.1.	Allgemeines	690
33.7.2.	Begriffe	691
33.7.3.	Bestimmungen	692
33.7.4.	Überspannungsschutz	693
33.8.	Antennenvorschriften	696
33.9.	Errichtung von Antennen	698
33.9.1.	Genehmigung	698
33.9.2.	Versicherung	699
33.9.3.	Antrag	700
33.9.4.	Antennenvertrag	700
34.	Stationäre Sonderantennen	705
34.1.	Rundfunk-Sendeantennen	705
34.1.1.	Lang- und Mittelwellen-Sendeantennen	705
34.1.2.	Kurzwellen-Sendeantennen	707
34.1.3.	UKW- und TV-Sendeantennen	709
34.2.	Richtfunkantennen	710
35.	Mobile Sonderantennen	715
35.1.	Auto-Funkantennen	715
35.1.1.	Mobilfunk	715
35.1.2.	Antennen	716
35.2.	Schiffsantennen	718
35.2.1.	Seefunk	718

35.2.2.	Antennen	718
35.2.2.1.	Kommunikationsantennen	718
35.2.2.2.	Peilantennen	719
35.2.2.3.	Navigationsantennen	720
35.2.2.4.	Radarantennen	720
35.2.2.5.	Meteorologie-Antennen	720
35.3.	Flugzeugantennen	721
35.3.1.	Flugfunk	721
35.3.2.	Antennen	721
35.3.2.1.	Kommunikationsantennen	722
35.3.2.2.	Navigationsantennen	722
35.3.2.3.	SSR-Antennen	723
36.	Mikrowellen-Antennen	724
36.1.	Einführung	724
36.2.	Gruppenantennen	724
36.2.1.	Yagi-Antenne für das 23-cm-Band	724
36.2.2.	40er-Feld-Gruppenantenne für das 23-cm-Band	724
36.2.3.	Loop-Yagi für das 23-cm-Band	725
36.3.	Wendelantennen	725
36.3.1.	Wendelantenne für das 23-cm-Band	725
36.3.2.	Quadrifilar-Helixantenne	726
36.4.	Reflektorantennen	727
36.4.1.	Winkelreflektor-Antenne	727
36.4.2.	Parabolantenne	727
37.	Antennenverstärker	729
37.1.	Einleitung	729
37.2.	Begriffe	729
37.2.1.	Rauschen	729
37.2.2.	Intermodulation	732
37.2.3.	Intercept-Punkt	733
37.3.	Bauanleitung	734
38.	Gefahr durch elektromagnetische Strahlung	736
38.1.	Einleitung	736
38.2.	Begriffe	736
38.3.	Wirkungen	737
38.4.	Grenzwerte und Mindestabstände	738
38.5.	Zusammenfassung	740
39.	Programme/Software	741
39.1.	Allgemeines	741
39.2.	Antennenprogramme	741
39.2.1.	CCIR-Antennenprogramme	742
39.2.2.	MININEC-Antennenprogramme	742
39.2.3.	Andere Antennenprogramme	744
39.2.4.	Professionelle Antennenprogramme	745
39.3.	Ausbreitungsprogramme	745
40.	Literaturverzeichnis	760
40.1.	Allgemeines	760
40.2.	Antennenbücher	760
40.3.	Antennenberichte	765
40.4.	Fachzeitschriften	767
40.5.	Klubzeitschriften (Amateurfunk)	769

41.	Anhang770
41.1.	Frequenzbereiche770
41.2.	Antennenlänge774
41.3.	Koaxialkabel775
41.4.	Einheiten777
41.5.	Umrechnungen780
41.6.	UK/US-Tabellen786
41.7.	Diagramme789
42.	Schlagwortverzeichnis795