Max Rüegger – HB9ACC

Praxisbuch Antennenbau

Antennentechnik leicht verständlich

3., überarbeitete und erweiterte Auflage, Juni 2014

© Box 73 Amateurfunkservice GmbH
Majakowskiring 38 · 13156 Berlin

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-910159-35-8

Satz: Box 73 Amateurfunkservice GmbH
Umschlaggestaltung: Knut Theurich
Druck und Bindung: Druckhaus „Thomas Müntzer“ GmbH, Bad Langensalza

Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung
des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme
verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder im Internet veröffentlicht werden.

Inhaltsverzeichnis

1	**Das etwas andere Antennenbuch**	**13**
2	**Allgemeines**	**16**
2.1	Sind Funkamateure Perfektionisten?	16
2.2	Lasst Euch nicht entmutigen	17
2.3	Die Gesetze der Physik gelten für alle	17
2.4	Eine gute Antenne ist der beste HF-Verstärker	18
2.5	Jede Antenne ist nur so gut wie ihr Standort	19
2.6	Eine nicht optimale Antenne ist besser als gar keine Antenne	20
2.7	Wie unterscheiden sich KW-Antennen von VHF-/UHF-Antennen	21
2.8	Kommerziell gefertigte Antennen	22
2.9	Verluste im Antennensystem	23
2.10	Dezibel (dB)	23
2.11	Der Dynamikbereich eines Empfängers	25
2.12	Der Funkamateur und seine lieben Nachbarn	25
2.13	Umgang mit Vermietern und Behörden	26
2.14	Das Eile-mit-Weile-Prinzip	27
2.15	Umgang mit BCI / TVI	29
2.16	Antennenstrahlung in der Praxis	29
2.17	Elektrosmog & Cie	31
2.18	Das Stationstagebuch	32
3	**Sechs Merkregeln für den Antennenbau**	**34**
3.1	Viel Draht	34
3.2	Möglichst hoch	34
3.3	Strom strahlt	34
3.4	Freie Enden = Spannungsbauch	35
3.5	Geerdete Enden = Strombauch	35
3.6	Drahtlänge +5 %	35
4	**Festigkeit der Konstruktion**	**37**
4.1	Welchen Belastungen muss eine Antenne standhalten?	37
4.2	Inox verhindert späteren Ärger	38
5	**Materialkunde**	**39**
5.1	Antennendraht	39
5.2	Der ohmsche Widerstand des Antennendrahts	40
5.3	Dicke des Antennendrahts	41
5.4	Isolatoren	42
5.5	Abspannseile	45
5.6	Durchhang	46
5.7	Abspannpunkte	46
5.8	Abspannung an Bäumen	47
5.9	Der Fiberglasmast – ein Gehilfe beim Antennenbau	48

5.10	Ein praktisches Werkzeug	49
5.11	Zugentlastung	49
6	**Sicherheit**	**51**
6.1	Blitzschutz	51
6.1.1	Blitzschutz allgemein	51
6.1.2	Stecker raus, immer!	52
6.1.3	Blitzschutz im Koaxialkabel	52
6.1.4	Blitzschutz bei symmetrischer Speiseleitung	53
6.2	Safety first	54
6.3	Verhalten gegenüber anderen Leitungen	55
6.3.1	Hochspannungsleitungen	55
6.3.2	Niederspannungsleitungen 3× 230/400 V	56
6.3.3	Telefonleitungen	57
7	**Masten**	**58**
7.1	Statik	58
7.2	Mastmaterial	58
7.2.1	Rohrmasten	58
7.2.2	Gittermasten	60
7.2.3	Holzmasten	61
7.2.4	Fiberglasmasten	62
7.3	Abgespannte Masten	62
7.4	Aufstellen von Masten	64
7.5	Betonfundamente für Masten	66
7.6	Rotorbefestigungen	66
7.7	Antennenmontage und die Verwendung von Hilfsmasten	68
7.8	Den Mast gegen unbefugtes Besteigen sichern	71
8	**Speiseleitungen**	**73**
8.1	Unsymmetrische Kabel	73
8.1.1	Normales Koaxialkabel	74
8.1.2	Doppelt geschirmtes Koaxialkabel	74
8.1.3	Hardline und Heliax	75
8.1.4	Kabel aus der TV-Technik oder der SAT-Technik	76
8.2	Symmetrische Speiseleitungen	76
8.2.1	300-Ω-Flachbandkabel	77
8.2.2	75-Ω-Flachbandkabel	77
8.2.3	Symmetrische 450-Ω-Leitung	78
8.2.4	Hühnerleiter	78
8.2.5	Hauseinführungen bei symmetrischen Leitungen	78
8.2.6	Übergang von symmetrischer Leitung auf Koaxialkabel	79
8.3	Kabelverluste	81
8.3.1	Was passiert im Kabel bei hohem SWV und bei zunehmender Frequenz	81
8.3.2	Kabelverluste	85
8.4	Elektrische Belastung eines Koaxialkabels	85
8.4.1	Thermische Belastbarkeit eines Koaxialkabels	85

8.4.2	Spannungsmäßige Belastbarkeit eines Koaxialkabels	85
8.5	Verkürzungsfaktor	86
8.6	Verlegung von Koaxialkabel	87
8.7	Anschluss der Speiseleitung an die Antenne	87
9	**SWV & Cie**	**90**
9.1	Allgemeine Bemerkungen zum Thema SWV	90
9.1.1	Was muss ich tun, um bei meiner Antenne ein SWV von 1,0 zu erzielen?	91
9.1.2	Kann man eine Antenne auch außerhalb der Resonanzfrequenz benutzen?	91
9.1.3	Welches SWV ist auf der Speiseleitung (Koaxialkabel) zulässig?	92
9.2	Meine Antenne ist schlecht, sie hat ein hohes SWV	93
9.3	Grundlagen zum Thema SWV	94
9.4	Vorgehen, wenn auf der Speiseleitung ein SWV größer als Eins auftritt	95
9.4.1	SWV bestimmen	95
9.4.2	Kabelverluste bestimmen	96
9.4.3	Zusatzverluste durch das SWV bestimmen	96
9.4.4	Entscheidung – wagt mans oder nicht?	96
9.4.5	Wenn ja, mittels Antennenkopplers Totalreflexion herstellen	97
9.5	Was passiert bei der Totalreflexion	98
9.6	SWV-Verbesserung durch lange Speiseleitungen	99
9.6.1	Welches ist das wahre SWV auf der Speiseleitung	99
9.6.2	Berechnung des SWV am Antennenspeisepunkt	100
9.6.3	Einfluss der Speisekabellänge auf das SWV	101
9.6.4	Auswirkungen des SWV bei symmetrischen Speiseleitungen	101
10	**Antennenkoppler**	**102**
10.1	Allgemeines zu Antennenkopplern	102
10.2	Verluste in Antennenkopplern	103
10.3	Prinzipien von Antennenkopplern	103
10.4	Antennenkoppler für unsymmetrische Speiseleitungen	104
10.4.1	Verlängerungsspulen oder Verkürzungskondensatoren	104
10.4.2	Prinzip Tiefpassfilter alias Pi-Filter	105
10.4.3	Prinzip Hochpassfilter alias T-Koppler	106
10.4.4	Prinzip abgestimmter Schwingkreis	107
10.4.5	Der einfachste unsymmetrische Antennenkoppler	108
10.4.6	Vorgehen beim Abstimmen	110
10.5	Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen	111
10.5.1	Unsymmetrische Antennenkoppler mit 1:4-Balun	112
10.5.2	Echter symmetrischer Antennenkoppler	113
10.5.3	Johnson Matchbox, ein echter symmetrischer Antennenkoppler in Luxusausführung	113
10.5.4	Einfacher Koppler zum Anschluss symmetrischer Speiseleitungen	115
10.5.5	Link-Kopplung zum Anschluss symmetrischer Speiseleitungen	115
10.5.6	T-Koppler mit Mantelwellensperre	117
10.6	Automatische Antennenkoppler	118

11	**Erdleitungskoppler**	**121**
12	**SWV-Meter**	**123**
13	**Antennenstrom-Messung**	**125**
14	**Instrumente für den Antennenbau**	**127**
14.1	Dip-Meter	127
14.2	Vielfachmessinstrument	128
14.3	Rauschbrücke	128
14.4	SWV- und vektorielle Analysatoren	128
14.4.1	Analysatoren von MFJ	128
14.4.2	Bausatz vektorieller Antennenanalysator FA-VA	129
14.4.3	Vektorieller Netzwerkanalysator miniVNA	130
14.4.4	Netzwerktester FA-NWT	130
15	**Antennenumschalter**	**132**
16	**Baluns**	**136**
16.1	Balun oder nicht?	136
16.2	Wie erkenne ich einen schlechten Balun?	137
16.3	Spannungsbalun	138
16.4	Strombalun alias Mantelwellensperre	140
16.4.1	Mantellwellensperre in Form einer Koaxialkabeldrossel	142
16.4.2	Der klassische Strombalun	142
16.4.3	Mantelwellensperre in Form einer Ringkerndrossel aus Koaxialkabel	143
16.4.4	Mantelwellensperre mit Ferritkernen	143
16.5	Der 1:9-Übertrager alias „magnetischer Balun“	144
16.6.	Impedanzwandler	146
16.6.1	Impedanzwandler für Aufwärts-Transformation	147
16.6.2	Impedanzwandler für Abwärts-Transformation	148
16.7	Statische Aufladungen ableiten	150
17	**Allgemeingültige Regeln in der Antennentechnik**	**152**
17.1	Die sechs Merkregeln zum Antennenbau	152
17.2	Jedes elektrisch leitende Gebilde kann als Antenne benutzt werden	152
17.3	Es ist der Strom, der strahlt	153
17.4	Freie Enden = Spannungsbauch	153
17.5	Am Punkt des Erdübergangs liegt immer ein Strombauch	153
17.6	Bei einer Schleifenantenne tritt am Punkt der halben Drahtlänge immer ein Strombauch auf	154
17.7	Es gibt keine einbeinigen Antennen	155
17.8	Eine Antenne kann an einem beliebigen Punkt eingespeist werden	156
17.9	Nicht resonante Antennen	157
17.10	Die Bandbreite einer Antenne	159
17.11	Die Richtwirkung einer Antenne	161

17.12	Meteorologische Einflüsse auf Antennen	161
18	**Formeln**	**163**
19	**Grafische Darstellung der Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne**	**165**
20	**Software zur Antennensimulation**	**169**
21	**Dipole und dipolartige Antennen**	**175**
21.1	Der Dipol, ein Klassiker	175
21.1.1	Aufbauformen des Dipols	175
21.1.2	Der klassische resonante Dipol	176
21.1.2.1	Abstrahleigenschaften eines klassischen Dipols in Relation zur Aufbauhöhe	177
21.1.2.2	Abstrahleigenschaften eines tief hängenden Dipols	178
21.1.2.3	Wo bleiben denn die 2,15 dBi Gewinn, die ein Dipol theoretisch haben soll?	179
21.1.2.4	Gewinn beim real existierenden Dipol	180
21.1.2.5	Einfluss der Bodenbeschaffenheit	180
21.1.2.6	Die Antennenspeisepunkt-Impedanz	181
21.1.2.7	Parameterveränderungen in Funktion der Aufbauhöhe	182
21.1.2.8	Horizontaler Dipol versus Inverted Vee	183
21.1.2.9	Bandbreite eines Dipols	183
21.1.3	Der Dipol als Mehrbandantenne	189
21.1.3.1	Der Dipol als Mehrbandantenne für 80/30/17/12 m	190
21.1.3.2	Der Dipol als Mehrbandantenne unterhalb der Resonanzfrequenz	192
21.1.4	Der Dipol mit symmetrischer Speiseleitung	193
21.2	Mehrbandantennen auf Dipol-Basis	195
21.2.1	Rollmeterdipole	195
21.2.2	Mehrbanddipole	196
21.2.3	Open-Sleeve-Antennen	198
21.3	Außermittig gespeiste Antennen	201
21.3.1	Windom-Antennen	201
21.3.2	Stromsummen-Antennen	205
21.4	Trap-Antennen	205
21.4.1	Wie verhält sich eine Trap-Antenne in der Praxis	208
22	**Langdrahtantennen**	**211**
22.1	Echte Langdrahtantennen	211
22.2	Unechte Langdrahtantennen	214
22.2.1	Typischer Aufbau einer unechten Langdrahtantenne	216
22.2.2	Erdleitung versus Gegengewicht	217
22.2.2.1	Erdleitung	217
22.2.2.2	Gegengewichtsdrähte	217
22.2.3	Die Erdleitung als Spielverderber	218
22.2.3.1	Was passiert, wenn wir gar keine Erdleitung anbringen?	219
22.2.3.2	Netzerde als Erdleitung	220

22.2.3.3	Gibt es eine Lösung zum Thema strahlende Erdleitung?	220
22.2.3.4	Was tun bei HF im Shack?	220
22.2.4	Praktisches Beispiel einer unechten Langdrahtantenne	221
22.2.4.1	Speisepunktimpedanzen	222
22.2.4.2	Antennenanpassung	222
22.2.4.3	Richtdiagramme	224
23	**L-Antennen**	**228**
24	**Sloper**	**232**
24.1	Der Viertelwellen-Sloper	232
24.2	Der Halbwellen-Sloper	235
24.3	Der Halbwellen-Sloper mit Reflektor	237
25	**Schleifenantennen**	**239**
25.1	Stromverteilung auf Schleifenantennen	239
25.2	Horizontale Schleifenantennen	241
25.3	Vertikale Schleifenantennen	243
25.3.1	Kreisförmige Schleifenantenne	243
25.3.2	Quadratische Schleifenantenne, Einspeisung unten	243
25.3.3	Quadratische Schleifenantenne, Einspeisung seitlich	244
25.3.4	Rechteckige Schleifenantenne, Einspeisung seitlich	244
25.3.5	Rechteckige Schleifenantenne, Einspeisung unten in der Mitte	245
25.3.6	Schräg aufgehängte Quad-Schleife	246
25.3.7	Dreieckschleife mit Speisung unten in der Mitte	246
25.3.8	Dreieckschleife mit Speisung seitlich in der Ecke	247
25.4	Unsichtbare Schleifenantennen	248
25.5	Speisung von Schleifenantennen	249
25.5.1	Symmetrische Speiseleitung	249
25.5.2	Koaxialkabel	249
25.5.3	Speisung mittels Antennenkopplers am Einspeisepunkt	250
25.6	Praxisbeispiel: Mehrband-Schleifenantenne	250
25.6.1	Funktionsweise der Antenne	251
25.6.2	Abstrahlcharakteristiken	252
25.6.3	Die praktische Ausführung der Antenne	256
25.6.4	Praxiserfahrungen	259
25.7	Rhombusantennen und andere scheinbare Schleifenantennen	259
25.7.1	Rhombusantennen	259
25.7.1.1	Praxiserfahrungen mit einer Rhombusantenne	260
25.7.1.2	Daten einer echten Rhombusantenne	261
25.7.2	Bisquare-Antennen	263
26	**Vertikale Antennen**	**265**
26.1	Horizontale Antennen versus vertikale Antennen	265
26.2	Allgemeines zu Vertikalantennen	265
26.2.1	Umgebungseinflüsse und Bodenleitfähigkeit	266
26.2.2	Erregung auf Oberwellen	267
26.2.3	Kommerziell gefertigte Vertikalantennen	267

26.3	Die Marconi-Antenne	268
26.4	Die Groundplane-Antenne	268
26.4.1	Definition von Gegengewicht und Radial	269
26.4.2	Wie viele Radials benötigt eine Groundplane-Antenne	271
26.4.2.1	Vertikalantenne für das 40-m-Band mit auf dem Boden ausgelegten Radials	271
26.4.2.2	Platzsparende Verlegung von Radials	275
26.4.2.3	Vertikalantenne für das 20-m-Band mit Radials, montiert auf einem Gebäude	276
26.5	Die T-Antenne	280
26.5.1	Praxisbeispiel einer T-Antenne	280
26.5.2	T-Antennen im Amateurfunk	281
26.6	Der vertikale Dipol	281
26.6.1	Mehrbandbetrieb	283
26.6.2	Praxisbeispiel eines vertikalen Dipols	283
26.7	Der koaxiale Dipol	284
26.7.1	Der koaxiale Dipol mit Sperrtopf	284
26.7.2	Der koaxiale Dipol mit Mantelwellensperre	285
26.8	Vertikaler Halbwellenstrahler mit Spannungsspeisung	285
27	**Resonante spannungsgespeiste Antennen**	**287**
27.1	Ankopplung über einen geerdeten Schwingkreis	289
27.2	Die Zeppelin-Antenne oder Ankopplung über eine λ/4-Leitung	289
27.3	Ankopplung mittels einer koaxialen Stichleitung	291
27.4	Die Fuchs-Antenne	292
27.5	Drahtlängen resonanter spannungsgespeister Antennen	295
27.6	Spannungsgespeiste Vertikalantennen	296
27.7	Multiband-Anpassgerät 3,5 MHz bis 28 MHz	297
28	**Antennen verkürzen**	**300**
28.1	Verkürzung mittels Spulen	301
28.1.1	Generelle Aussagen in der Amateurfunkliteratur	301
28.1.2	Einfluss der Position der Verlängerungsspule(n)	302
28.1.2.1	Unverkürzter Dipol	302
28.1.2.2	Verkürzter Dipol, 2 × 5 m, Verlängerungsspulen je innen, nahe dem Speisepunkt	303
28.1.2.3	Verkürzter Dipol, 2 × 5 m, Verlängerungsspulen je 1/3 nach außen gerückt	303
28.1.2.4	Verkürzter Dipol, 2 × 5 m, Verlängerungsspulen je in der Mitte jeder Dipolhälfte	304
28.1.2.5	Verkürzter Dipol, 2 × 5 m, Verlängerungsspulen je 2/3 nach außen gerückt	305
28.1.2.6	Zusammenfassung der Resultate des auf 2 × 5 m verkürzten Dipols	305
28.1.2.7	Eigenschaften eines auf 2 × 2,5 m verkürzten Dipols	305
28.1.2.8	Zusammenfassung der Eigenschaften eines mittels Spulen verkürzten Dipols	307
28.1.3	Die Spulengüte *Q*	307
28.1.4	Konstruktion von Verlängerungsspulen	309

28.1.4.1	Freitragende Spulen	309
28.1.4.2	Spulen auf Spulenkörpern	310
28.1.4.3	Spule mit durchgehendem Draht	312
28.1.4.4	Sonderform einer Verlängerungsspule im Speisepunkt	312
28.1.5	Wendelantennen	313
28.1.6	Andere Formen mit Spulen verkürzter Antennen	314
28.2	Verkürzung mittels kapazitiver Belastung	314
28.2.1	Typische Formen kapazitiver Belastung	315
28.2.2	160-m-Vertikalantenne mit Dachkapazität	317
28.2.2.1	Vertikalstrahler mit voller Länge	318
28.2.2.2	Vertikalstrahler 13,5 m lang mit Ladespule	319
28.2.2.3	Vertikalstrahler 13,5 m lang und Dachkapazität nach G3TXQ	320
28.2.2.4	Inverted Vee als Vergleichsantenne	321
28.2.2.5	Vertikaler Halbwellenstrahler am Wetterballon als Vergleichsantenne	322
28.2.2.6	Zusammenfassung der Resultate	322
28.2.3	160-m-Vertikalantenne unter Verwendung eines bestehenden Antennenmasts mit Beam	323
28.2.4	Kommerziell erhältliche Vertikalantennen mit kapazitiver Belastung	328
28.3	Verkürzung durch Umbiegen der Enden	328
28.3.1	Einfluss der Position und der Art des Umbiegens	328
28.3.1.1	Unverkürzter Dipol	329
28.3.1.2	Dipol durch Umbiegen der Enden auf 50 % verkürzt	329
28.3.1.3	Inverted Vee, Mittelmast 10 m, Enden 2 m ab Boden	329
28.3.1.4	Inverted Vee, Mittelmast 10 m, Enden 4 m ab Boden zur Mitte herein gezogen	330
28.3.1.5	Zusammenfassung der Resultate	331
28.4	Verkürzung durch Zurückfalten der Enden	332
28.4.1	80-m-Dipol durch Zurückfalten der Enden auf 60 % verkürzt	332
28.4.2	80-m-/40-m-Dipol mit zurückgefalteten Enden	334
28.4.3	Die Morgain-Antenne	334
28.4.4	Gedanken zur praktischen Ausführung solcher Antennen	339
28.5	Verkürzung mittels Umwegleitungen	340
28.5.1	Praktische Ausführungen von Umwegleitungen	341
29	**Spezialformen verkürzter Antennen**	**343**
29.1	Die Magnetantenne	343
29.2	Die Isotron-Antenne	348
29.3	Antennen mit Widerstandsabschluss	349
29.4	EH-Antennen	351
30	**Yagi & Cie**	**353**
30.1	Vorwärtsgewinn versus Vor-Rück-Verhältnis	354
30.2	Yagi-Antennen	355
30.2.1	Die Einband-Yagi-Antenne	355
30.2.2	Trap-Beams	357
30.2.3	Verschachtelte Yagi-Antennen	359
30.2.4	Das SteppIR-Prinzip	360

30.2.5	Spiderbeam	361
30.2.6	Moxon-Beam	362
30.3	Logper-Antennen	364
30.4	Quad-Antennen	366
30.5	Antennenmessungen mit amateurmäßigen Mitteln	367
31	**Antennenideen für Antennengeschädigte**	**370**
31.1	Was kann von einer unsichtbaren oder getarnten Antenne erwartet werden?	370
31.2	Wie erstellt man eine unsichtbare oder getarnte Antenne?	371
31.2.1	Aufbau einer Dachbodenantenne	372
31.2.2	Verlegung von Koaxialkabel im Außenbereich	372
31.2.3	Verlegung eines Antennendrahts im oder hinter dem Dachkännel	373
31.2.4	Unsichtbarer Antennendraht	374
31.2.5	Das Eile-mit-Weile Prinzip	375
31.3	Wo findet man Antennenideen?	376
31.4	Ein Sammelsurium von Antennenideen	376
31.4.1	Der Dachrinnen-Dipol	376
31.4.2	Der Fahnenmast	377
31.4.2.1	Fahnenmast aus Metall	377
31.4.2.2	Fahnenmast aus Kunststoff	379
31.4.3	Der Fiberglasmast als Antennenträger	379
31.4.3.1	Auslegung der Antenne als Dipol	380
31.4.3.2	Auslegung der Antenne als endgespeisten Halbwellenstrahler	381
31.4.4	Der Baum als Antennenträger	382
31.4.5	Teilweise ins Haus integrierte dipolartige Antennen	382
31.4.6	Teilweise ins Haus integrierte L-Antenne	384
31.4.7	Schleifenantennen	386
31.4.7.1	Schleifenantenne im Dachboden	387
31.4.7.2	Schleifenantenne rund ums Haus	387
31.4.7.3	Schleifenantenne für beengte Verhältnisse	388
31.4.8	Die Magnetantenne	389
31.4.9	Die Isotron-Antenne	389
31.4.10	Der Wäscheseil-Trick	390
31.4.11	Die Kinderseilbahn	391
31.4.12	Der Blitzableiter als Behelfsantenne?	392
31.4.13	Weniger erfolgreiche Antennentypen	392
31.4.14	Verbotene Antennen	393
31.4.15	Getarnte Antennen für das 2-m- und 70-cm-Band	394
31.4.15.1	Das Lüftungsrohr für die Kanalisation	394
31.4.15.2	Der Wetterhahn auf dem Dach	395
32	**Mobilbetrieb**	**396**
32.1	Ist mein Fahrzeug HF-tauglich?	397
32.2	Mobilbetrieb auf VHF/UHF	398
32.3	Mobilbetrieb auf den KW-Bändern	399

33	**Portabelbetrieb**	**404**
33.1	Funktechnisch günstige Standorte	404
33.2	Das Equipment	405
33.3	Antennenideen	406
33.3.1	Antennen auf der Basis von Glasfibermasten	406
33.3.2	Bäume als Antennenaufhängepunkt	408
33.3.3	Professionell gefertigte Antennen für Portabelbetrieb	409
33.4	Portabelbetrieb vom Wohnmobil aus	410
33.5	Portabelbetrieb aus Hotels oder Ferienwohnungen	411
34	**Stromversorgung bei Portabelbetrieb**	**413**
34.1	Stromversorgung ab Trockenbatterien	413
34.2	Stromversorgung durch Akkumulatoren ohne Nachladung	413
34.3	Stromversorgung durch Akkumulatoren mit Nachladung mittels Solarpanel oder Windgenerator	414
34.4	Akkumulatoren mit Nachladung mittels Ladegerät und Stromerzeugungsaggregat	414
34.5	12-V-Akkumulatoren mit Battery Booster	415
34.6	Netzersatzspeisung mittels Stromerzeugungsaggregat	415
35	**Akkumulatoren in der Praxis**	**417**
36	**Stromerzeugungsaggregate**	**420**
36.1	Prinzipien der Stromerzeugungsaggregate	420
36.2	Messungen an Stromerzeugungsaggregaten	422
36.3	Verwendung von 60-Hz-Aggregaten	422
37	**Andere Länder – andere Elektrizitätsnetze**	**423**
37.1	Man glaube nie einer Steckdose, die man nicht selbst ausgemessen hat!	423
37.2	Des Elektrikers Notfallapotheke	424
37.3	Einphasenanschluss in europäischen Ländern	425
37.4	Netzstecker	426
37.5	Netzspannungen	427
37.6	Netzfrequenz 50 Hz oder 60 Hz	427
37.7	Europäische Stromversorgung versus US Stromversorgung	427
37.8	Schlussbetrachtung	428
	Literatur	**430**
	Fotonachweise	**432**