

Inhalt

Materialien zum Buch	19
Vorwort	21
Geleitworte	25

1 Erlebnis Amateurfunk 29

1.1 Amateurfunk, Freenet, PMR und CB-Funk	29
1.2 Funken?	30
1.3 Funkern zugehört	31
1.3.1 Buchstabieren	32
1.3.2 Q-Gruppen	33
1.3.3 Weitere betriebliche Abkürzungen	38
1.3.4 Rufzeichen	38
1.3.5 Was hört man?	39
1.4 Funkübertragung	40
1.5 Amateurfunk mithören	44
1.5.1 SDR-Empfang per Internet	44
1.5.2 SDR-Empfänger am PC	49
1.5.3 Klassische Empfangsgeräte	50
1.5.4 Bausätze	51
1.5.5 Antennen für den Empfang	51
1.6 Funkamateure persönlich kennenlernen	54
1.7 Technik als Erlebnis	56

TEIL I Amateurfunktechnik

2 Fachrechnen 59

2.1 Basisgrößen des SI-Einheitensystems	59
2.2 Dezibelrechnung für Verstärkung und Dämpfung (Leistung)	65
2.2.1 Berechnung des Leistungs- oder Dämpfungsfaktors	67
2.2.2 Berechnung der Verstärkung in dB aus dem Leistungsfaktor	68
2.2.3 Wichtige dB- und Leistungsfaktorwerte	68

2.3	Rechnen mit Dezibelwerten	69
2.4	Dezibelrechnung für Verstärkung und Dämpfung (Spannung)	70
2.4.1	Wichtige dB- und Spannungsfaktorwerte	70
2.5	Dezibelrechnung: Leistungspegel	72
2.5.1	Wichtige Leistungspegel	72
2.6	Dezibelrechnung: Spannungspegel	73
2.7	S-Meter und dB	74
2.8	Zahlensysteme	77
2.8.1	Umrechnen von Dualzahlen	77
2.8.2	Umrechnen von Hexadezimalzahlen	79

3 Bauteilkunde 83

4 Physikalische Grundlagen 87

4.1	Spannung als Ursache	87
4.2	Strom	90
4.3	Ladungsmenge	92
4.4	Stromleitverhalten verschiedener Stoffe	94
4.4.1	Leiter	94
4.4.2	Halbleiter	95
4.4.3	Nichtleiter, Isolatoren	98
4.4.4	Zusammenfassung	98
4.5	Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit	100

5 Die Welt der Widerstände 103

5.1	Schaltzeichen	104
5.2	Widerstände als Bauelement	105
5.2.1	Bauausführungen von Widerständen	105
5.2.2	Wertangaben für SMD-Widerstände	108
5.2.3	Manuell veränderbare Widerstände	109
5.2.4	Widerstandsreihen	111

5.3	Berechnung von Widerständen, Spannung, Strom, Leistung	113
5.3.1	Widerstandsberechnungen im Detail (Strom und Spannung)	113
5.3.2	Widerstandsberechnungen und Leistung	114
5.4	Innenwiderstand von Strom- und Spannungsquellen	117
5.5	Leistungsanpassung	118
5.6	Serienschaltung (Reihenschaltung) von Widerständen, Spannungsteiler	119
5.7	Parallelschaltung von Widerständen (verzweigter Stromkreis)	121
5.8	Gemischte Schaltung von Widerständen	123
5.8.1	Berechnungen mit variablen Widerständen	125
5.9	Experimentieren und Simulieren	126
5.9.1	Steckplatine	126
5.9.2	Aufbau des Stromkreises und Experimente mit Widerständen	127
5.9.3	Simulation am Rechner	131

6 Elektrische Leistung 135

6.1	Wirkungsgrad	135
6.2	Elektrische Arbeit	136

7 Wechselstrom/Signale 139

7.1	Schwingungsformen	143
7.2	Berechnung der Frequenz	145
7.3	Berechnung der Periodendauer	145
7.4	Berechnung der Frequenz aus der Periodendauer	146
7.5	Berechnung der Wellenlänge	148
7.6	Berechnung des Effektivwerts	149
7.7	Spannungsmessung mit dem Oszilloskop	150
7.8	Zeigerdarstellung sinusförmiger Signale	150
7.9	Phasendifferenzen	152
7.10	Nichtsinusförmige Signale	153

8	Das elektrische Feld (elektrostatisches Feld)	159
8.1	Das elektrische Feld als Bauelement: Der Kondensator	161
8.1.1	Vom Dielektrikum zum Bauelement	161
8.1.2	Zusammenschaltung von Kondensatoren	174
8.1.3	Ladung und Entladung eines Kondensators im Gleichspannungskreis	177
9	Magnetisches Feld und Induktivitäten	181
9.1	Magnetisches Feld	181
9.1.1	Skin-Effekt und Wirbelströme	182
9.2	Induktivität (Spulen und Transformatoren)	183
9.3	Schaltzeichen für Induktivitäten	184
9.4	Induktivitäten selbst bauen	184
9.5	Induktivitäten (Bauelemente)	186
9.6	Grundlagen der Induktivität	191
9.7	Eigenschaften von Induktivitäten	192
9.7.1	Experimente	192
9.8	Vertiefung mit Berechnungen	194
9.8.1	Spulenberechnungen	194
9.8.2	Magnetische Feldstärke	196
9.8.3	Magnetische Flussdichte	198
9.9	Zusammenschaltung von Induktivitäten	199
9.10	Die Spule im Gleichstromkreis	200
9.11	Transformatoren und Übertrager	202
9.11.1	Allgemeines zu Transformatoren und Übertragern	202
9.11.2	Übersetzungsverhältnisse Spannung	207
9.11.3	Übersetzungsverhältnisse Strom	208
9.11.4	Stromdichte bei Transformatorenwicklungen	209
9.11.5	Übertrager, Impedanzen, Übersetzung von Widerstandsverhältnissen	210
9.11.6	Balun – balanced-unbalanced	212

10	R, C und L im Wechselstromkreis	215
10.1	Ohmscher Widerstand	215
10.2	Kondensator im Wechselstromkreis	216
10.2.1	Kondensatorverluste, Verlustwiderstand, Auswahl des Dielektrikums	218
10.3	Induktivität/Spule	219
10.3.1	Spulenverluste, Güte	221
10.3.2	Induktivitäten in Schaltungen und Geräten	221
10.4	Zusammenfassung	221
10.4.1	Experimente	222
10.5	Reihenschaltung von Kondensator und Widerstand	223
10.6	Reihenschaltung von Spule und Widerstand	223
10.7	Tief- und Hochpassfilter für den Audiobereich	223
10.7.1	Tief- und Hochpassfilter aus R und C oder L berechnen	224
10.7.2	Ermitteln der Spannungsverhältnisse	226
10.8	Schwingkreise mit Spulen und Kondensatoren	226
10.8.1	Schwingung im LC-Kreis	227
10.8.2	Schwingungsarten	228
10.8.3	Reihenschwingkreis	229
10.8.4	Parallelschwingkreis	231
10.8.5	Resonanzfrequenz von Schwingkreisen	233
10.8.6	Frequenzändernde Eingriffe am Schwingkreis	235
10.8.7	Bandbreite und Güte von Schwingkreisen	235
10.9	Bandfilter	242
10.9.1	Schwingquarze als Bandfilter	246
10.9.2	Hoch- und Tiefpassfilter mit Spule und Kondensator	247
10.10	Probleme in Hochfrequenzschaltungen	250
10.10.1	Experimente	250
11	Die Halbleiterdiode	253
11.1	Schaltzeichen	253
11.2	Dioden (Bauelemente)	253
11.3	Diodentypen und Eigenschaften	256

11.4 Spannungsabfall an Dioden	258
11.4.1 Experiment: Messung des Spannungsabfalls an einer Siliziumdiode 1N4001	258
11.5 Dioden in Schaltungen	260
11.5.1 LED mit Vorschaltwiderstand	260
11.5.2 Z-Diode zur Spannungsstabilisierung	261
11.5.3 Kapazitätsdiode	263
11.5.4 Spannungsbegrenzer mit antiparallelen Dioden	263
11.5.5 Entkopplung von Spannungsquellen	264
12 Der Transistor und seine Grundschaltungen	267
12.1 Schaltzeichen	267
12.2 Transistoren (Bauelemente)	268
12.2.1 Aufbau und Funktion von bipolaren Transistoren	270
12.2.2 Aufbau und Funktion von Feldeffekttransistoren	286
12.3 Integrierte Schaltkreise	291
12.3.1 Analoge ICs: Der Operationsverstärker	292
12.3.2 Digitale ICs: Logische Schaltungen	297
13 Die Elektronenröhre	303
14 Schaltungskunde: Stromversorgung	307
14.1 Schaltnetzteil vs. klassische Längsregelung	307
14.2 Berechnung einfacher Versorgungsschaltungen	307
14.3 Gleichrichtung	308
14.4 Gleichspannungsrückgewinnung bzw. Spannungsvervielfacher	313
14.5 Spannungsglättung	314
14.6 Spannungsregelung	316
14.7 Spannungsregelung mit Festspannungsreglern	318
14.8 Funktionsweise von Schaltnetzteilen	321

14.9 Rückwirkungen in das Stromnetz, Störungen	321
14.10 Hochspannungsgleichrichter	322

15 Grundlagen der elektronischen Schwingungserzeugung

15.1 Oszillator (Schwingungserzeuger)	323
15.1.1 Rückkopplung als Grundlage der Schwingungserzeugung	324
15.1.2 Oszillatoren: Der richtige Messpunkt an Oszillatoren	329
15.1.3 Zusammenfassung zu Oszillatoren	329
15.2 Phasenregelkreise, PLL	329
15.2.1 Der Phasenvergleichler φ	330
15.2.2 Der Teiler	332
15.2.3 Der VCO	332
15.2.4 Der Tiefpassfilter	333
15.3 Direkte digitale Synthese (DDS)	333

16 Sende- und Empfangstechnik

16.1 Sendearten, Modulation	335
16.1.1 Sendearten und deren Kennzeichnung	336
16.1.2 Eigenschaften verschiedener Modulationsarten	337
16.1.3 Intermodulation und Kreuzmodulation	348
16.1.4 Vertiefung zu Modulationsarten	349
16.1.5 Praktische Darstellung von modulierten Signalen	349
16.1.6 Morsetelegrafie (CW)	350
16.2 Betriebsarten	351
16.2.1 Richtungsangaben in der Kommunikation	351
16.2.2 Übersicht der Betriebsarten im Amateurfunk	353
16.3 Modulator und Demodulator	359
16.3.1 Amplitudenmodulation (AM)	359
16.3.2 Einseitenband, Single Sideband (SSB)	363
16.3.3 Frequenzmodulation (FM)	368
16.3.4 Phasenmodulator	372
16.4 Arbeit mit Blockschaltbildern	373

16.5 Arbeitsweise von Empfängern	375
16.5.1 Digitale Signalverarbeitung in Empfängern und Sendern	392
16.5.2 Bedienung von Empfängern, Sendern und Funkgeräten	393
16.6 Sendetechnik	396
16.6.1 Einzelne Senderbaugruppen	396
16.6.2 Transverter (»Nachsetzer«)	402
16.6.3 (Leistungs-)Verstärker in Sendern	403
16.6.4 Details zum SSB-Sender	408
16.6.5 Details zum VHF-FM-Sender	412
16.6.6 Senderschaltungen mit Transistoren	412
16.6.7 Senderschaltungen mit Röhren	415
16.6.8 Leistungsmessung	416
16.6.9 Leistungsangaben	417
16.7 Unerwünschte Aussendungen vermindern	418
17 Antennen	423
<hr/>	
17.1 Antennenformen	423
17.2 Korrekturfaktor (Verkürzungsfaktor)	426
17.3 Der Dipol und seine Varianten	426
17.3.1 Horizontales und vertikales Strahlungsdiagramm	427
17.3.2 Strom- und Spannungsverteilung beim Halbwellendipol	429
17.3.3 Außermittigt gespeiste Halbwellenantennen	431
17.4 Dipol-Weiterentwicklungen: Trapantennen, W3DZZ	434
17.4.1 Die W3DZZ-Antenne	434
17.4.2 Trapantennen allgemein	435
17.5 Die G5RV-Antenne	436
17.6 Der Faltdipol	437
17.7 Die Delta-Loop (Dreiecksschleife)	437
17.8 Die Quadantenne	438
17.9 Praxis: Drahtantennen bauen	439
17.10 Richtantennen	440
17.10.1 Aufbau von Yagiantennen	440
17.10.2 Details zu Yagi- und Richtantennen	441
17.11 Vertikalantennen und Rundstrahlantennen	445

17.12 Praxis: Besondere Antennenformen	450
17.12.1 Magnetische Ringantennen	450
17.12.2 Aperiodische Antenne: die T2FD (Tilted Terminated Folded Dipole)	454
17.13 Verkürzung von Antennen	455
17.14 Polarisierung von Antennen	456
17.15 Installation von Sendeantennen	458
18 Übertragungsleitungen	459
<hr/>	
18.1 Allgemeines zu Übertragungsleitungen	459
18.2 Paralleldrahtleitung	460
18.3 Koaxialkabel	462
18.3.1 Aufbau von Koaxialkabeln	462
18.3.2 Berechnung des Wellenwiderstands Z	463
18.3.3 Verminderte Ausbreitungsgeschwindigkeit	464
18.3.4 Der Verkürzungsfaktor k	465
18.3.5 Kabeldämpfung	466
18.4 Übersicht über Koaxialkabel	468
18.5 Steckverbinder für Koaxialkabel	469
19 Stehwellen und Leistungsrückfluss	473
<hr/>	
20 Mantelwellen	479
<hr/>	
21 Anpassung, Transformation und Symmetrierung	481
<hr/>	
21.1 Die $\lambda/4$-Leitung	481
21.2 Die $\lambda/2$-Leitung	484
21.3 Symmetrierung	485

22	Elektromagnetisches Feld	489
22.1	Polarisation von Antennen	489
22.2	»Von der Antenne in den Äther«	491
22.3	Wellenausbreitung der Kurzwelle	493
22.3.1	Bodenwellenausbreitung	494
22.3.2	Vorgänge in der Ionosphäre	494
22.3.3	Sonnenfleckenaktivität und Ionosphäre	495
22.3.4	Partikelstrom, Sonnenwind	495
22.3.5	Schichten der Ionosphäre (Übersicht)	496
22.3.6	MUF & Co. im Detail	498
22.4	UKW-Ausbreitung	501
22.4.1	Normales Ausbreitungsverhalten	501
22.4.2	Troposphärische Überreichweiten	502
22.4.3	Sporadic-E	503
22.4.4	Aurora	503
23	Leistung und Feldstärke	505
23.1	Effektiv abgestrahlte Leistung am Dipol (ERP) und am isotropen Strahler (EIRP)	505
23.2	Errechnung der EIRP aus Sendeleistung und Antennengewinn dBi	507
23.3	EIRP/ERP des Rückverhältnisses bei Richtantennen	508
23.4	Feldstärkeberechnungen	508
23.5	Personenschutz, Berechnung von Schutzabständen	509
24	Messungen und Messgeräte	515
24.1	Arten der Messwerke	516
24.1.1	Drehspulmesswerke	517
24.1.2	Dreheisenmesswerke	519
24.1.3	Einbaulagen analoger Messinstrumente	520
24.1.4	Digitale Messinstrumente	520
24.2	Messbereichserweiterungen	521
24.3	Arbeiten mit dem Multimeter/Vielfachmessgerät	522

24.4	Widerstandsmessung	527
24.5	Empfindlichkeit und Innenwiderstand von Messinstrumenten für Strom- und Spannungsmessungen	528
24.6	Genauigkeit von Messinstrumenten	529
24.7	Details zu Strom- und Spannungsmessungen	531
24.7.1	Bestimmung der Eingangsleistung	531
24.8	Berücksichtigung des Innenwiderstands der Messgeräte bei Messungen	532
24.9	Hilfsschaltungen für Messaufgaben	533
24.9.1	Künstliche Antenne/Dummy Load	533
24.9.2	HF-Tastkopf	534
24.9.3	Leistungsmesskopf	536
24.10	Der Absorptionsfrequenzmesser	538
24.11	(Einfacher) Feldstärkeanzeiger	539
24.12	Das Dipmeter	539
24.13	Das Stehwellenmessgerät (SWR-Meter)	542
24.14	Das Oszilloskop	545
24.15	Der Frequenzzähler	549
25	Störungen & Co.	553
25.1	Störungen des Empfangs	553
25.2	Einströmungen	554
25.3	Einstrahlungen in Geräte	557
25.4	Empfangsstörungen durch Korrosion an Antennenanschlüssen	558
25.5	Einstreuungen in das Stromnetz	558
25.6	Störungen beim Sendebetrieb vermeiden	559
25.7	Vorgehensweise im Störfall	560
25.7.1	Vorbereitung	560
25.7.2	Vorgehen beim Nachbarn	560
26	Sicherheit	563

TEIL II Praxis und Projekte

27 SDR-Empfang mit dem SDRplay RSP2pro 569

28 Nach bestandener Prüfung – Stationsaufbau 577

28.1 Funkgeräte – Typenkunde	577
28.1.1 Handfunksprechgeräte	577
28.1.2 Portalfunkgeräte	580
28.1.3 Mobilgerät, im Kraftwagen, portabel und als Feststation	582
28.1.4 Geräte für den stationären Einsatz	583
28.1.5 Zusammenfassung	584
28.2 Aufbewahrung und Funkmöbel	584
28.3 Antennenwahl	586
28.3.1 Wenn gar nichts geht	586
28.3.2 Was nehmen?	587
28.3.3 Zuleitungen	589
28.4 Musteraufbau – BEMV-Erklärung	590

29 Antennenbau für Einsteiger 605

29.1 Projekt: Ein Dipol für das 10-m-Band	605
29.1.1 Bauteile	605
29.1.2 Berechnung	608
29.1.3 Zurichten der Teile	608
29.1.4 Erster Aufbau	608
29.1.5 Abgleich	609
29.2 Drahtantennen richtig spannen	613
29.3 Die »magnetische Antenne« – eine Sonderform unter den Antennen	614
29.3.1 Materialbedarf	615
29.3.2 Maße und Material für den Rahmen	615
29.3.3 Abstimmbox (Gehäuse und Kondensator)	616
29.3.4 Fernabstimmung	618
29.3.5 Koppelschleife	621
29.3.6 Aufgebaut!	621

29.4 Aufbau von industriell hergestellten Antennen 624 |

29.5 Von Masten und Rotoren 625 |

30 Funkbetrieb außerhalb der eigenen vier Wände 627

30.1 Stromversorgung	627
30.1.1 Kabelverbindungen	627
30.1.2 Energiequellen	630
30.1.3 »Strom verpackt«	632
30.1.4 Spannungs- und Strommessgerät im Eigenbau	636
30.1.5 Laderegler	643
30.1.6 Quellen für den Ladestrom	645
30.2 Funkkoffer	648
30.3 Antennen für den Portabeinsatz	648

31 Amateurfunk digital 655

31.1 DMR, DMR+, Brandmeister	655
31.2 D-STAR	658
31.3 C4FM	658
31.4 FreeDV	658
31.5 PSK31 und FT8 (WSJT)	659
31.6 Das HAMNET	660
31.7 Funkgerät und PC verbinden	661

32 Morsen 665

32.1 Welche Taste?	666
32.2 Morsen lernen	667

Index	669
-------------	-----