

Auf einen Blick

1	Erlebnis Amateurfunk	29
TEIL I Amateurfunktechnik		
2	Fachrechnen	59
3	Bauteilkunde	83
4	Physikalische Grundlagen	87
5	Die Welt der Widerstände	103
6	Elektrische Leistung	135
7	Wechselstrom/Signale	139
8	Das elektrische Feld (elektrostatisches Feld)	159
9	Magnetisches Feld und Induktivitäten	181
10	R, C und L im Wechselstromkreis	215
11	Die Halbleiterdiode	253
12	Der Transistor und seine Grundschaltungen	267
13	Die Elektronenröhre	303
14	Schaltungskunde: Stromversorgung	307
15	Grundlagen der elektronischen Schwingungserzeugung	325
16	Senden- und Empfangstechnik	337
17	Antennen	425
18	Übertragungsleitungen	461
19	Stehwellen und Leistungsrückfluss	475
20	Mantelwellen	481
21	Anpassung, Transformation und Symmetrierung	483
22	Elektromagnetisches Feld	491
23	Leistung und Feldstärke	507
24	Messungen und Messgeräte	517
25	Störungen & Co.	555
26	Sicherheit	565
TEIL II Praxis und Projekte		
27	SDR-Empfang mit dem SDRplay RSP2pro	571
28	Nach bestandener Prüfung – Stationsaufbau	579
29	Antennenbau für Einsteiger	607
30	Funkbetrieb außerhalb der eigenen vier Wände	629
31	Amateurfunk digital	657
32	Remote-Funkbetrieb	673
33	Morsen	677

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	251
10.10.1	Experimente	251

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	315

14.6 Spannungsregelung	317
14.7 Spannungsregelung mit Festspannungsreglern	319
14.8 Funktionsweise von Schaltnetzteilen	322
14.9 Rückwirkungen in das Stromnetz, Störungen	322
14.10 Hochspannungsgleichrichter	323

15 Grundlagen der elektronischen Schwingungserzeugung

15.1 Oszillator (Schwingungserzeuger)	325
15.1.1 Rückkopplung als Grundlage der Schwingungserzeugung	326
15.1.2 Oszillatoren: Der richtige Messpunkt an Oszillatoren	331
15.1.3 Zusammenfassung zu Oszillatoren	331
15.2 Phasenregelkreise, PLL	331
15.2.1 Der Phasenvergleicher ?	332
15.2.2 Der Teiler	334
15.2.3 Der VCO	334
15.2.4 Der Tiefpassfilter	335
15.3 Direkte digitale Synthese (DDS)	335

16 Sende- und Empfangstechnik

16.1 Sendearten, Modulation	337
16.1.1 Sendearten und deren Kennzeichnung	338
16.1.2 Eigenschaften verschiedener Modulationsarten	339
16.1.3 Intermodulation und Kreuzmodulation	350
16.1.4 Vertiefung zu Modulationsarten	351
16.1.5 Praktische Darstellung von modulierten Signalen	351
16.1.6 Morsetelegrafie (CW)	352
16.2 Betriebsarten	353
16.2.1 Richtungsangaben in der Kommunikation	353
16.2.2 Übersicht der Betriebsarten im Amateurfunk	355
16.3 Modulator und Demodulator	361
16.3.1 Amplitudenmodulation (AM)	361
16.3.2 Einseitenband, Single Sideband (SSB)	365

16.3.3	Frequenzmodulation (FM)	370
16.3.4	Phasenmodulator	374
16.4	Arbeit mit Blockschaltbildern	375
16.5	Arbeitsweise von Empfängern	377
16.5.1	Digitale Signalverarbeitung in Empfängern und Sendern	394
16.5.2	Bedienung von Empfängern, Sendern und Funkgeräten	395
16.6	Sendetechnik	398
16.6.1	Einzelne Senderbaugruppen	398
16.6.2	Transverter (»Nachsetzer«)	404
16.6.3	(Leistungs-)Verstärker in Sendern	405
16.6.4	Details zum SSB-Sender	410
16.6.5	Details zum VHF-FM-Sender	414
16.6.6	Senderschaltungen mit Transistoren	414
16.6.7	Senderschaltungen mit Röhren	417
16.6.8	Leistungsmessung	418
16.6.9	Leistungsangaben	419
16.7	Unerwünschte Aussendungen vermindern	420
17	Antennen	425
17.1	Antennenformen	425
17.2	Korrekturfaktor (Verkürzungsfaktor)	428
17.3	Der Dipol und seine Varianten	428
17.3.1	Horizontales und vertikales Strahlungsdiagramm	429
17.3.2	Strom- und Spannungsverteilung beim Halbwellendipol	431
17.3.3	Außermittig gespeiste Halbwellenantennen	433
17.4	Dipol-Weiterentwicklungen: Trapantennen, W3DZZ	436
17.4.1	Die W3DZZ-Antenne	436
17.4.2	Trapantennen allgemein	437
17.5	Die G5RV-Antenne	438
17.6	Der Faltdipol	439
17.7	Die Delta-Loop (Dreiecksschleife)	439
17.8	Die Quadantennte	440

17.9 Praxis: Drahtantennen bauen	441
17.10 Richtantennen	442
17.10.1 Aufbau von Yagiantennen	442
17.10.2 Details zu Yagi- und Richtantennen	443
17.11 Vertikalantennen und Rundstrahlantennen	447
17.12 Praxis: Besondere Antennenformen	452
17.12.1 Magnetische Ringantennen	452
17.12.2 Aperiodische Antenne: die T2FD (Tilted Terminated Folded Dipole)	456
17.13 Verkürzung von Antennen	457
17.14 Polarisation von Antennen	458
17.15 Installation von Sendeantennen	460

18 Übertragungsleitungen 461

18.1 Allgemeines zu Übertragungsleitungen	461
18.2 Paralleldrahtleitung	462
18.3 Koaxalkabel	464
18.3.1 Aufbau von Koaxalkabeln	464
18.3.2 Berechnung des Wellenwiderstands Z	465
18.3.3 Verminderte Ausbreitungsgeschwindigkeit	466
18.3.4 Der Verkürzungsfaktor k	467
18.3.5 Kabeldämpfung	468
18.4 Übersicht über Koaxalkabel	470
18.5 Steckverbinder für Koaxalkabel	471

19 Stehwellen und Leistungsrückfluss 475

20 Mantelwellen 481

21 Anpassung, Transformation und Symmetrierung 483

21.1 Die $\lambda/4$ -Leitung	483
21.2 Die $\lambda/2$ -Leitung	486
21.3 Symmetrierung	487

22 Elektromagnetisches Feld 491

22.1 Polarisation von Antennen	491
22.2 »Von der Antenne in den Äther«	493
22.3 Wellenausbreitung der Kurzwelle	495
22.3.1 Bodenwellenausbreitung	496
22.3.2 Vorgänge in der Ionosphäre	496
22.3.3 Sonnenfleckentätigkeit und Ionosphäre	497
22.3.4 Partikelstrom, Sonnenwind	498
22.3.5 Schichten der Ionosphäre (Übersicht)	498
22.3.6 MUF & Co. im Detail	500
22.4 UKW-Ausbreitung	503
22.4.1 Normales Ausbreitungsverhalten	503
22.4.2 Troposphärische Überreichweiten	504
22.4.3 Sporadic-E	505
22.4.4 Aurora	505

23 Leistung und Feldstärke 507

23.1 Effektiv abgestrahlte Leistung am Dipol (ERP) und am isotropen Strahler (EIRP)	507
23.2 Errechnung der EIRP aus Sendeleistung und Antennengewinn dBi	509
23.3 EIRP/ERP des Rückverhältnisses bei Richtantennen	510
23.4 Feldstärkeberechnungen	510
23.5 Personenschutz, Berechnung von Schutzabständen	511

24 Messungen und Messgeräte 517

24.1 Arten der Messwerke	518
24.1.1 Drehspulmesswerke	519
24.1.2 Dreheisenmesswerke	521
24.1.3 Einbaulagen analoger Messinstrumente	522
24.1.4 Digitale Messinstrumente	522
24.2 Messbereichserweiterungen	523
24.3 Arbeiten mit dem Multimeter/Vielfachmessgerät	524
24.4 Widerstandsmessung	529
24.5 Empfindlichkeit und Innenwiderstand von Messinstrumenten für Strom- und Spannungsmessungen	530
24.6 Genauigkeit von Messinstrumenten	531
24.7 Details zu Strom- und Spannungsmessungen	533
24.7.1 Bestimmung der Eingangsleistung	533
24.8 Berücksichtigung des Innenwiderstands der Messgeräte bei Messungen	534
24.9 Hilfsschaltungen für Messaufgaben	535
24.9.1 Künstliche Antenne/Dummy Load	535
24.9.2 HF-Tastkopf	536
24.9.3 Leistungsmesskopf	538
24.10 Der Absorptionsfrequenzmesser	540
24.11 (Einfacher) Feldstärkeanzeiger	541
24.12 Das Dipmeter	541
24.13 Das Stehwellenmessgerät (SWR-Meter)	544
24.14 Das Oszilloskop	547
24.15 Der Frequenzzähler	551

25 Störungen & Co. 555

25.1 Störungen des Empfangs	555
25.2 Einströmungen	556
25.3 Einstrahlungen in Geräte	559

25.4 Empfangsstörungen durch Korrosion an Antennenanschlüssen	560
25.5 Einstreuungen in das Stromnetz	560
25.6 Störungen beim Sendebetrieb vermeiden	561
25.7 Vorgehensweise im Störungsfall	562
25.7.1 Vorbereitung	562
25.7.2 Vorgehen beim Nachbarn	562

26 Sicherheit	565
----------------------	------------

TEIL II Praxis und Projekte

27 SDR-Empfang mit dem SDRplay RSP2pro	571
---	------------

28 Nach bestandener Prüfung – Stationsaufbau	579
---	------------

28.1 Funkgeräte – Typenkunde	579
28.1.1 Handfunkssprechgeräte	579
28.1.2 Portabelfunkgeräte	582
28.1.3 Mobilgerät, im Kraftwagen, portabel und als Feststation	584
28.1.4 Geräte für den stationären Einsatz	585
28.1.5 Zusammenfassung	586
28.2 Aufbewahrung und Funkmöbel	586
28.3 Antennenwahl	588
28.3.1 Wenn gar nichts geht	588
28.3.2 Was nehmen?	589
28.3.3 Zuleitungen	591
28.4 Musteraufbau – BEMV-Erklärung	592

29 Antennenbau für Einsteiger	607
--------------------------------------	------------

29.1 Projekt: Ein Dipol für das 10-m-Band	607
29.1.1 Bauteile	607

29.1.2	Berechnung	610
29.1.3	Zurichten der Teile	610
29.1.4	Erster Aufbau	610
29.1.5	Abgleich	611
29.2	Drahtantennen richtig spannen	615
29.3	Die »magnetische Antenne« – eine Sonderform unter den Antennen	616
29.3.1	Materialbedarf	617
29.3.2	Maße und Material für den Rahmen	617
29.3.3	Abstimmbox (Gehäuse und Kondensator)	618
29.3.4	Fernabstimmung	620
29.3.5	Koppelschleife	623
29.3.6	Aufgebaut!	623
29.4	Aufbau von industriell hergestellten Antennen	626
29.5	Von Masten und Rotoren	627

30 Funkbetrieb außerhalb der eigenen vier Wände 629

30.1	Stromversorgung	629
30.1.1	Kabelverbindungen	629
30.1.2	Energiequellen	632
30.1.3	»Strom verpackt«	634
30.1.4	Spannungs- und Strommessgerät im Eigenbau	638
30.1.5	Laderegler	645
30.1.6	Quellen für den Ladestrom	647
30.2	Funkkoffer	650
30.3	Antennen für den Portabeleinsatz	650

31 Amateurfunk digital 657

31.1	DMR, DMR+, Brandmeister	658
31.2	D-STAR	661
31.3	C4FM	662
31.4	FreeDV	662
31.5	PSK31 und FT8 (WSJT)	668

31.6 Das HAMNET	669
31.7 Funkgerät und PC verbinden	669
32 Remote-Funkbetrieb	673
32.1 Verbindung der Funkanlage mit dem Netzwerk	673
32.2 Remote-Funkbetrieb innerhalb der eigenen Grundstücksgrenze	674
32.3 Remote-Funkbetrieb weltweit	674
33 Morsen	677
33.1 Welche Taste?	678
33.2 Morsen lernen	679
Index	681