



Auf einen Blick

Über den Autor	11
Einführung	23
Teil I: Größen der Elektrotechnik und ihre Zusammenhänge	33
Kapitel 1: Die wesentlichen mathematischen Grundlagen	35
Kapitel 2: Potz Blitz! Elektrisches Feld und Anwendungen der Elektrotechnik	49
Kapitel 3: Aus einer Ladung wird elektrischer Strom	55
Kapitel 4: Wenn die Spannung keinen Widerstand hätte	63
Kapitel 5: Die Spannung ist Strom mal Widerstand	71
Teil II: Stromkreise und ihre Widerstände	77
Kapitel 6: Stecker rein – woher der Strom kommt	79
Kapitel 7: Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen	91
Kapitel 8: Ströme teilen und Spannungen fangen – die Kirchhoffschen Gesetze	99
Teil III: Elektrisches Feld und Kondensator	115
Kapitel 9: Von der Feldstärke zum Potenzial	117
Kapitel 10: Der elektrische Fluss und seine Begleiter	127
Kapitel 11: Berechnung elektrostatischer Felder	133
Kapitel 12: Die Kapazität des Kondensators	143
Kapitel 13: Die Energie des elektrostatischen Feldes	157
Kapitel 14: Energiedichte und wirkende Kräfte im Kondensator	167
Teil IV: Magnetisches Feld und Spule	171
Kapitel 15: Das Magnetfeld stromdurchflossener Leiter	173
Kapitel 16: Magnetische Feldgrößen	179
Kapitel 17: Das Durchflutungsgesetz	187
Kapitel 18: Ohmsches Gesetz auch im Magnetismus	199
Kapitel 19: Volle Power – Kräfte im magnetischen Feld	203
Kapitel 20: Induktionswirkung frei nach Faraday	211
Kapitel 21: Auch das noch: Selbstinduktion	215
Teil V: Elektromagnetische Felder und der Gleichstrommotor	221
Kapitel 22: Bestens angetrieben – der Gleichstrommotor	223
Kapitel 23: Bewegung erzeugt Antrieb	237
Teil VI: Grundlagen der Wechselstromtechnik	249
Kapitel 24: Auf und ab – sinusförmige Wechselgrößen	251
Kapitel 25: Kennwerte sinusförmiger Wechselgrößen	257
Kapitel 26: Zeigerdarstellung von Wechselgrößen	269
Kapitel 27: Grundsaltungen sinusförmiger Wechselgrößen	273





14 Auf einen Blick

Teil VII: Der Top-Ten-Teil	285
Kapitel 28: Zehn wichtige Erfinder der Elektrotechnik	287
Kapitel 29: Zehn technologische Fortschritte zum Einsatz der Energie.....	297
Kapitel 30: Zehn Schritte zum Bau eines Radios	301
Kapitel 31: Meine zehn Lieblingsbücher zur Elektrotechnik.....	303
Anhang A: Lösungen der Aufgaben	305
Stichwortverzeichnis	331



Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	11
Danksagung	11
Einführung	23
Über dieses Buch	25
Konventionen in diesem Buch	26
Was Sie nicht lesen müssen	26
Annahmen über Sie, den Leser	27
Wie dieses Buch aufgebaut ist	27
Teil I: Größen der Elektrotechnik und ihre Zusammenhänge	27
Teil II: Stromkreise und ihre Widerstände	28
Teil III: Elektrisches Feld und Kondensator	28
Teil IV: Magnetisches Feld und Spule	29
Teil V: Elektromagnetische Felder und der Gleichstrommotor	29
Teil VI: Grundlagen der Wechselstromtechnik	30
Teil VII: Der Top-Ten-Teil	30
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden	30
Wie es weitergeht	31
 TEIL I	
GRÖßEN DER ELEKTROTECHNIK UND	
IHRE ZUSAMMENHÄNGE	33
Kapitel 1	
Die wesentlichen mathematischen Grundlagen	35
Physikalische Größen und deren Einheiten	35
Skalare und Vektoren zur Darstellung von Feldern	38
Aus zwei mach eins: Vektoren addieren	40
Das Skalarprodukt verbindet Vektoren	41
Das Vektorprodukt mit dem Kreuz	42
Dreiecke und ihre Winkel	43
Ohne Schwingungen geht es nicht	44
An Ableitung und Integration führt kein Weg vorbei	45
 Kapitel 2	
Potz Blitz! Elektrisches Feld und Anwendungen	
der Elektrotechnik	49
Das elektrische Feld und sein Drumherum	49
Praktische Elektrotechnik im Alltag	51



16 Inhaltsverzeichnis

Kapitel 3

Aus einer Ladung wird elektrischer Strom 55

Der elektrische Strom und sein Fluss	56
Ohne Spannungsquelle fließt kein Strom	57
Die Kraft, die alles zusammenhält	59

Kapitel 4

Wenn die Spannung keinen Widerstand hätte..... 63

Die Entstehung der elektrischen Spannung	64
Elektrischer Widerstand und dessen Leitwert	65
Temperaturabhängigkeit elektrischer Widerstände	68

Kapitel 5

Die Spannung ist Strom mal Widerstand 71

Das Ohmsche Gesetz	71
Muskelkater ade – elektrische Arbeit ersetzt Muskelkraft	73

TEIL II

STROMKREISE UND IHRE WIDERSTÄNDE 77

Kapitel 6

Stecker rein – woher der Strom kommt 79

Bezüge und Richtungen – das Zählpfeilsystem	79
Das Innenleben der Steckdose	81
Kurzschlussfall $R_V = 0$	83
Leerlauf $R_V \rightarrow \infty$	84
Anpassung $R_V = R_i$	84
Spannungs- und Stromquelle ideal gesehen	87

Kapitel 7

Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen 91

In Reih und Glied – die Reihenschaltung	91
Die Parallelschaltung	95

Kapitel 8

Ströme teilen und Spannungen fangen –

die Kirchhoffschen Gesetze 99

Die Knotenregel	100
Die Maschenregel	100
Ein Cocktail aus Knoten und Maschen	102
Die erweiterte Reihenschaltung	102
Die erweiterte Parallelschaltung	105
Ein Rechenbeispiel zum Üben	108

Inhaltsverzeichnis 17

Geteilte Spannungen im belasteten Spannungsteiler	111
Die Wheatstonesche Brückenschaltung	112

TEIL III

ELEKTRISCHES FELD UND KONDENSATOR..... 115

Kapitel 9**Von der Feldstärke zum Potenzial..... 117**

Volle Ladung – die Wirkung des elektrischen Feldes	118
Feldstärke im homogenen Feld	119
Experimentelle Darstellung der elektrischen Feldstärke mithilfe des Plattenkondensators	121
Mathematische Herleitung der elektrischen Feldstärke	122
Feldstärke im inhomogenen Feld	123
Das Potenzial und der kleine, aber feine Unterschied	124

Kapitel 10**Der elektrische Fluss und seine Begleiter..... 127**

Aus Influenz wird elektrischer Fluss	127
Die elektrische Flussdichte treibt an	128
Dielektrizitätskonstante und der Materialeinfluss	131

Kapitel 11**Berechnung elektrostatischer Felder..... 133**

Feld der geladenen Kugel	133
1. Schritt: Ein Bild sagt mehr als tausend Worte	133
2. Schritt: Lösungsansatz (mathematisches Modell)	134
3. Schritt: Randbedingungen definieren	135
4. Schritt: Lösung	135
Feld in der Umgebung mehrerer Ladungen	137
1. Schritt: Skizze erstellen	138
2. Schritt: Berechnung der einzelnen Felder E_1 und E_2	138
3. Schritt: Lösung für das gesamte E -Feld im Punkt P	138
Feld eines langen, geraden Leiters	139
1. Schritt: Skizze erstellen	139
2. Schritt: Lösungsansatz	139
3. Schritt: Randbedingungen	139

Kapitel 12**Die Kapazität des Kondensators..... 143**

Definition der Kapazität	143
Die Kapazität des Plattenkondensators	144
1. Schritt: Skizze erstellen	144
2. Schritt: Lösungsansatz	145
3. Schritt: Lösung über die Gleichung für die Kapazität	145



18 Inhaltsverzeichnis

Die Kapazität des Kugelkondensators	147
1. Schritt: Skizze erstellen	147
2. Schritt: Berechnung der Kapazität	147
Die Kapazität des Zylinderkondensators	150
1. Schritt: Skizze erstellen	150
2. Schritt: Lösungsansatz	150
Kondensatoren verschaltet	152
Parallel an der Spannungsquelle	152
In Reihe an der Spannungsquelle	153

Kapitel 13

Die Energie des elektrostatischen Feldes 157

Volle Scheunen – ein Kondensator wird aufgeladen	157
1. Schritt: Anwendung der Maschenregel	159
2. Schritt: Lösen der Differenzialgleichung	159
3. Schritt: k über Anfangsbedingungen bestimmen	161
4. Schritt: Ermitteln des Kennlinienverlaufs	161
5. Schritt: Dynamische Charakteristik	162
Der Kondensator entlädt sich wieder	163
Dann war da noch die Spannung am Widerstand	164

Kapitel 14

Energiedichte und wirkende Kräfte im Kondensator 167

Energiedichte im elektrostatischen Feld	167
Kräfte zwischen Elektroden	169

TEIL IV

MAGNETISCHES FELD UND SPULE 171

Kapitel 15

Das Magnetfeld stromdurchflossener Leiter 173

Magnetische Grundformen	174
Der Stab unter den Magneten	174
Magnetfeld eines langen, stromdurchflossenen Leiters	174
Die Zylinderspule	175
Der Spezialist: Ringkern- oder Toroidspule	178

Kapitel 16

Magnetische Feldgrößen 179

Magnetische Feldstärke und Durchflutung	179
Vom magnetischen Fluss zur Flussdichte	182



Inhaltsverzeichnis 19

Kapitel 17	
Das Durchflutungsgesetz	187
Von der Umlaufspannung zur Durchflutung	187
Experimentelle Überprüfung des Durchflutungsgesetzes	190
Anwendungsbeispiel zum Durchflutungsgesetz	191
1. Schritt: Skizze erstellen	191
2. Schritt: Lösungsansatz	192
3. Schritt: Randbedingungen definieren	192
4. Schritt: Lösung	193
 Kapitel 18	
Ohmsches Gesetz auch im Magnetismus	199
 Kapitel 19	
Volle Power – Kräfte im magnetischen Feld	203
Der stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld	203
Bewegte Ladung im Magnetfeld – die Lorentzkraft	207
Leiter ziehen sich an!	208
 Kapitel 20	
Induktionswirkung frei nach Faraday	211
Bewegte Leiter im Magnetfeld – Induktion durch Bewegung	211
 Kapitel 21	
Auch das noch: Selbstinduktion	215
Entstehung und Wirkung der Selbstinduktion	215
Induktivität von Eisenspulen und Permeabilität	217
Energie des magnetischen Feldes	218
Ähnliche Geschwister – Analogien des elektrischen und des magnetischen Feldes	218
 TEIL V	
ELEKTROMAGNETISCHE FELDER UND DER GLEICHSTROMMOTOR	221
 Kapitel 22	
Bestens angetrieben – der Gleichstrommotor	223
Vom Geräteschema zum Ersatzschaltbild	223
Lorentz, mir graut vor dir – das Kraftgesetz	225
Ohne den Kommutator keine volle Umdrehung	227



20 Inhaltsverzeichnis

Mit Höchstleistungen zum Wirkungsgrad	229
Wirkung des Induktionsgesetzes – Faraday sei Dank	230
Ersatzschaltbild des Gleichstrommotors	231
Elektrischer Teil des Motors	232
Mechanischer Teil des Motors	234

Kapitel 23

Bewegung erzeugt Antrieb.....237

Kennwerte des Motors	237
Wirkungsgrad η des Motors	238
Drehmoment M_A des Motors	239
Erregungsarten des Motors	242
Fall mir nicht zur Last!	243
Das Lastmoment M_L des Lüfters	244
M_M - n -Kennlinie des Gleichstrommotors	245
Der Arbeitspunkt.....	245

TEIL VI

GRUNDLAGEN DER WECHSELSTROMTECHNIK.....249

Kapitel 24

Auf und ab – sinusförmige Wechselgrößen.....251

Von der Gleich- zur Wechselgröße	252
Erzeugung einer Wechselgröße	253

Kapitel 25

Kennwerte sinusförmiger Wechselgrößen.....257

Amplitude, Augenblickswert und Frequenz	257
Wer kommt vor wem? Die Phasenverschiebung	259
Phasenverschiebung der Spule	260
Phasenverschiebung des Kondensators	262
Mittelwerte von Wechselgrößen	262
Gleichanteil	262
Gleichrichtwert	263
Effektivwert, quadratischer oder geometrischer Mittelwert	264

Kapitel 26

Zeigerdarstellung von Wechselgrößen.....269

Vom Zeiger- zum Liniendiagramm.....	269
-------------------------------------	-----

Kapitel 27

Grundschaltungen sinusförmiger Wechselgrößen.....273

Der komplexe Widerstand	273
Ohmscher Widerstand im Wechselstromkreis.....	277



Inhaltsverzeichnis 21

Der induktive Blindwiderstand einer Spule	278
Der kapazitive Blindwiderstand des Kondensators	279
Vergleich der Grundsaltungen an Wechselstrom	281

TEIL VII

DER TOP-TEN-TEIL.....285

Kapitel 28

Zehn wichtige Erfinder der Elektrotechnik.....287

Die quantitative Elektrostatik	287
Teilchen beginnen zu wirken – C.A. de Coulomb	287
Strömung elektrischer Ladungen – der Gleichstrom	288
Froschschkel und andere Kuriositäten – Luigi Galvani	288
Nerven und Muskeln enthalten Elektrizität – Alessandro Volta	288
Widerstand zwischen Spannung und Strom – G.S. Ohm	289
Die Tücken von Knoten und Maschen – G.R. Kirchhoff	290
Das Wunder des magnetischen Feldes	291
Die unheimliche Kraft des Stroms – H.C. Oersted	291
Elektrische Ströme und Magnetismus sind eins – M. Faraday	292
Die Welt der wechselwirkenden Ströme	293
Die Messung des elektrischen Stroms – A.-M. Ampère	293
Vom dynamoelektrischen Prinzip zum Firmengründer –	
W. von Siemens	294
Der Vater der Frequenzen – Heinrich Rudolf Hertz	295

Kapitel 29

Zehn technologische Fortschritte zum Einsatz der Energie ... 297

1. Segelfahrzeug am Strand von Holland	297
2. Naturwissenschaftliche Beschreibung durch die Mathematik	297
3. Kraft	297
4. Energie	298
5. Elektrizität	298
6. Volta-Säule	298
7. Es werde Licht!	298
8. Strahlende Chemie	298
9. Kernenergie und die Atombombe	299
10. Heute	299

Kapitel 30

Zehn Schritte zum Bau eines Radios.....301

Ein funktionsfähiges Radio bauen	301
--	-----

Kapitel 31

Meine zehn Lieblingsbücher zur Elektrotechnik.....303



22 Inhaltsverzeichnis

Anhang A: Lösungen der Aufgaben	305
Kapitel 3	305
Kapitel 4	306
Kapitel 5	307
Kapitel 7	308
Kapitel 8	311
Kapitel 11	314
Kapitel 12	316
Kapitel 17	319
Kapitel 18	320
Kapitel 21	320
Kapitel 23	322
Kapitel 25	326
Kapitel 27	327
Stichwortverzeichnis	331