

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

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

<b>Über den Autor</b> .....	<b>11</b>
Danksagung .....	11
<b>Einführung</b> .....	<b>23</b>
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

<b>Kapitel 3</b>	
<b>Aus einer Ladung wird elektrischer Strom .....</b>	<b>55</b>
Der elektrische Strom und sein Fluss .....	56
Ohne Spannungsquelle fließt kein Strom.....	57
Die Kraft, die alles zusammenhält .....	59
<b>Kapitel 4</b>	
<b>Wenn die Spannung keinen Widerstand hätte.....</b>	<b>63</b>
Die Entstehung der elektrischen Spannung.....	64
Elektrischer Widerstand und dessen Leitwert .....	65
Temperaturabhängigkeit elektrischer Widerstände.....	68
<b>Kapitel 5</b>	
<b>Die Spannung ist Strom mal Widerstand .....</b>	<b>71</b>
Das Ohmsche Gesetz .....	71
Muskelkater ade – elektrische Arbeit ersetzt Muskelkraft .....	73
<b>TEIL II</b>	
<b>STROMKREISE UND IHRE WIDERSTÄNDE .....</b>	<b>77</b>
<b>Kapitel 6</b>	
<b>Stecker rein – woher der Strom kommt.....</b>	<b>79</b>
Bezüge und Richtungen – das Zählpeilsystem.....	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
<b>Kapitel 7</b>	
<b>Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen .....</b>	<b>91</b>
In Reih und Glied – die Reihenschaltung .....	91
Die Parallelschaltung.....	95
<b>Kapitel 8</b>	
<b>Ströme teilen und Spannungen fangen – die Kirchhoffschen Gesetze .....</b>	<b>99</b>
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

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

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

<b>Kapitel 17</b>	
<b>Das Durchflutungsgesetz .....</b>	<b>187</b>
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
<b>Kapitel 18</b>	
<b>Ohmsches Gesetz auch im Magnetismus .....</b>	<b>199</b>
<b>Kapitel 19</b>	
<b>Volle Power – Kräfte im magnetischen Feld .....</b>	<b>203</b>
Der stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld .....	203
Bewegte Ladung im Magnetfeld – die Lorentzkraft .....	207
Leiter ziehen sich an! .....	208
<b>Kapitel 20</b>	
<b>Induktionswirkung frei nach Faraday .....</b>	<b>211</b>
Bewegte Leiter im Magnetfeld – Induktion durch Bewegung .....	211
<b>Kapitel 21</b>	
<b>Auch das noch: Selbstinduktion .....</b>	<b>215</b>
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
<b>TEIL V</b>	
<b>ELEKTROMAGNETISCHE FELDER UND DER GLEICHSTROMMOTOR .....</b>	<b>221</b>
<b>Kapitel 22</b>	
<b>Bestens angetrieben – der Gleichstrommotor .....</b>	<b>223</b>
Vom Geräteschema zum Ersatzschaltbild .....	223
Lorentz, mir graut vor dir – das Kraftgesetz .....	225
Ohne den Kommutator keine volle Umdrehung .....	227

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 $\eta$ 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**

### **Grundsaltungen sinusförmiger Wechselgrößen.....273**

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

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
Froschschenkel 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**

<b>Anhang A: Lösungen der Aufgaben</b> .....	<b>305</b>
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
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>331</b>