

# Elektro T

## Grundlagen der Elektrotechnik

**Informations- und Arbeitsbuch  
für Schüler und Studenten  
der elektronischen Berufe**

**Wolfgang Bieneck**

unter Mitarbeit von Schülern  
der Technikerklasse FTEE 1  
Werner-Siemens-Schule  
Stuttgart

9., durchgesehene Auflage

Handwerk und Technik  
Best.-Nr. 4900

9., durchgesehene Auflage

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung in anderen als den gesetzlich oder durch bundesweite Vereinbarungen zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Die Verweise auf Internetadressen und -dateien beziehen sich auf deren Zustand und Inhalt zum Zeitpunkt der Drucklegung des Werks. Der Verlag übernimmt keinerlei Gewähr und Haftung für deren Aktualität oder Inhalt noch für den Inhalt von mit ihnen verlinkten weiteren Internetseiten.

Verlag Handwerk und Technik GmbH, Lademannbogen 135, 22339 Hamburg;  
Postfach 630500, 22331 Hamburg – 2018  
E-Mail: [info@handwerk-technik.de](mailto:info@handwerk-technik.de); Internet: [www.handwerk-technik.de](http://www.handwerk-technik.de)

Zeichnungen: Wolfgang Bieneck, 70567 Stuttgart  
Technische Umsetzung: LFC print+medien GmbH, 72768 Reutlingen;  
CMS – Cross Media Solutions GmbH, 97082 Würzburg  
Druck und Bindung: UAB STANDARTŲ SPAUSTUVĖ, 02189 Vilnius  
ISBN 978-3-582-10848-7

## Vorwort

**Elektro T** ist eine Einführung in die klassische Elektrotechnik. Das Buch ist für Studenten und Schüler der elektrotechnischen Berufe konzipiert, der Inhalt orientiert sich an den Lehrplänen der staatlichen Fachschulen für Elektrotechnik. Das Werk enthält 8 Kapitel, einen Anhang mit Formeln und Schaltzeichen sowie einen Lösungsteil. Ungefähr 500 Rechen- und Verständnisaufgaben helfen bei der gründlichen Einarbeitung in alle Teilgebiete. Die Kurzlösungen im Anhang des Buches ermöglichen eine sofortige Kontrolle, ein separates Lösungsbuch mit Ergebnissen und ausführlichen Lösungshilfen hilft auch bei schwierigen Problemen weiter. Ein umfangreiches Sachwortregister erleichtert das schnelle Auffinden der gesuchten Begriffe.

Seit Erscheinen der 1. Auflage im Juli 1996 hat dieses Werk großes Interesse bei Lehrern und Schülern der verschiedenen elektrotechnischen Fachschulen geweckt. Zahlreiche Zuschriften zeigen, dass insbesondere die klare Gliederung und die übersichtliche Darstellung des naturgemäß schwierigen Stoffes sehr positiv aufgenommen wurde. Zahlreiche konstruktive Vorschläge wurden in die folgenden Auflagen eingearbeitet.

Für Anregungen, Hinweise und Verbesserungsvorschläge sind Autor und Verlag weiterhin dankbar.

**Elektro T** bietet Schülern und Studenten der elektrotechnischen Berufe einen systematischen und leicht verständlichen Einstieg in die Elektrotechnik, für den Fachmann ist es ein übersichtliches und umfassendes Nachschlagewerk.

Stuttgart, im Sommer 2018

Wolfgang Bieneck



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundgesetze der Elektrotechnik</b>	11
1.1	Elektrische Ladungen	12
1.2	Elektrische Strömung	14
1.3	Elektrisches Feld	16
1.4	Potential, Spannung, Energie	18
1.5	Elektrischer Stromkreis	20
1.6	Ohmsches Gesetz	22
1.7	Grundstromkreise	24
1.8	Lineare Widerstände	26
1.9	Bauformen ohmscher Widerstände	28
1.10	Nichtlineare Widerstände	30
1.11	Arbeitspunkt	32
1.12	Metallwiderstand und Temperatur	34
1.13	Arbeit, Energie, Leistung	36
1.14	Drehmoment und Leistung	38
1.15	Elektrische Arbeit und Leistung	40
1.16	Leistungsabgabe von Spannungsquellen	42
1.17	Verluste und Wirkungsgrad	44
1.18	Elektrowärme	46
	Testaufgaben	48
<b>2</b>	<b>Netzwerke</b>	51
2.1	Stromkreise und Netzwerke	52
2.2	Spannungsteiler	54
2.3	Brückenschaltung	56
2.4	Umwandlung von Schaltungen	58
2.5	Ersatzspannungsquelle	60
2.6	Ersatzstromquelle	62
2.7	Maschenstromverfahren	64
2.8	Knotenspannungsverfahren	66
2.9	Überlagerungsverfahren	68
2.10	Nichtlineare Netze	70
	Testaufgaben	72
<b>3</b>	<b>Elektrisches Feld und Kondensator</b>	75
3.1	Elektrostatisches Feld	76
3.2	Kondensator und Kapazität I	78
3.3	Kondensator und Kapazität II	80
3.4	Schaltung von Kapazitäten	82
3.5	Energieinhalt des elektrischen Feldes	84
3.6	Kräfte im elektrostatischen Feld	86
3.7	Schaltvorgänge bei Kondensatoren I	88
3.8	Schaltvorgänge bei Kondensatoren II	90
3.9	Impulsverformung	92
3.10	Bauformen von Kondensatoren I	94
3.11	Bauformen von Kondensatoren II	96
3.12	Kennwerte von Kondensatoren	98
	Testaufgaben	100

<b>4</b>	<b>Magnetisches Feld und Spule</b>	103
4.1	Grundlagen des Magnetismus	104
4.2	Strom und Magnetfeld	106
4.3	Magnetische Grundgrößen	108
4.4	Eisen im Magnetfeld	110
4.5	Eisenkern mit Luftspalt	112
4.6	Weich- und hartmagnetische Stoffe	114
4.7	Induktionsgesetz	116
4.8	Induktion, technische Bedeutung	118
4.9	Induktion und Induktivität	120
4.10	Induktivität von Spulen	122
4.11	Schaltung von Induktivitäten	124
4.12	Energieinhalt des magnetischen Feldes	126
4.13	Verluste der eisengefüllten Spule	128
4.14	Kräfte im Magnetfeld I	130
4.15	Kräfte im Magnetfeld II	132
4.16	Schaltvorgänge bei Spulen I	134
4.17	Schaltvorgänge bei Spulen II	136
4.18	R, C und L im Vergleich	138
4.19	Magnetwirkung auf Halbleiter	140
	Testaufgaben	142
<b>5</b>	<b>Grundlagen der Wechselströme</b>	145
5.1	Wechselstromgrößen I	146
5.2	Wechselstromgrößen II	148
5.3	Sinusförmiger Wechselstrom I	150
5.4	Sinusförmiger Wechselstrom II	152
5.5	R, C, L an Wechselspannung	154
5.6	Wirk- und Blindwiderstände	156
5.7	Zeigerdarstellung	158
5.8	Komplexe Zahlen	160
5.9	Rechnen mit komplexen Zahlen	162
5.10	Wechselgrößen in komplexer Darstellung	164
5.11	Komplexe Grundsaltungen I	166
5.12	Komplexe Grundsaltungen II	168
5.13	Komplexe Leistung	170
5.14	Ortskurven	172
5.15	Parametrierung von Ortskurven	174
5.16	Fourier-Analyse I	176
5.17	Fourier-Analyse II	178
	Testaufgaben	180
<b>6</b>	<b>Anwendung der Wechselströme</b>	183
6.1	Siebschaltungen I	184
6.2	Siebschaltungen II	186
6.3	Siebschaltungen III	188
6.4	Phasenschieber	190
6.5	Schwingkreis I	192
6.6	Schwingkreis II	194

6.7	Schwingkreis III	196
6.8	Kompensation I	198
6.9	Kompensation II	200
6.10	Transformator I	202
6.11	Transformator II	204
6.12	Transformator III	206
6.13	Transformator IV	208
6.14	Transformator V	210
6.15	Einschwingvorgänge	212
6.16	Kleintransformatoren	214
6.17	Sondertransformatoren	216
6.18	Wachstumsgesetze	218
	Testaufgaben	220
<b>7</b>	<b>Dreiphasiger Wechselstrom</b>	<b>223</b>
7.1	Drehstrom	224
7.2	Verkettung zur Sternschaltung	226
7.3	Verkettung zur Dreieckschaltung	228
7.4	Unsymmetrische Belastung	230
7.5	Sternpunktverschiebung	232
7.6	Drehstromleistung	234
7.7	Drehstrom-Leistungsmessung	236
7.8	Drehstrom-Kompensation	238
7.9	Drehstromtransformatoren I	240
7.10	Drehstromtransformatoren II	242
7.11	Drehfeld	244
7.12	Drehstromasynchronmotoren I	246
7.13	Drehstromasynchronmotoren II	248
7.14	Drehstromasynchronmotoren III	250
7.15	Einphasige Induktionsmotoren	252
	Testaufgaben	254
<b>8</b>	<b>Messtechnik</b>	<b>257</b>
8.1	Grundbegriffe	258
8.2	Messfehler I	260
8.3	Messfehler II	262
8.4	Analoge Messwerke I	264
8.5	Analoge Messwerke II	266
8.6	Digitale Messwerke	268
8.7	Spannungs- und Strommessung I	270
8.8	Spannungs- und Strommessung II	272
8.9	Widerstandsmessung I	274
8.10	Widerstandsmessung II	276
8.11	Induktivitäts- und Kapazitätsmessung	278
8.12	Leistungs- und Arbeitsmessung	280
8.13	Oszilloskop I	282
8.14	Oszilloskop II	284
8.15	Oszilloskop III	286

8.16	Oszilloskop IV	288
8.17	Messen mit dem Oszilloskop I	290
8.18	Messen mit dem Oszilloskop II	292
	Testaufgaben	294
<b>9</b>	<b>Technischer Anhang</b>	<b>297</b>
9.1	Physikalische Größen	298
9.2	Formeln und Tabellen	300
9.3	Schaltzeichen	330
9.4	Prüf- und Bildzeichen	336
<b>10</b>	<b>Lösungen</b>	<b>337</b>
<b>11</b>	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>346</b>