

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der wichtigsten Symbole</b>	XV
<b>0 Einführung</b>	1
0.1 Das Lehrgebiet Elektrotechnik — Elektronik	1
0.2 Physikalische Größen und Gleichungen	5
0.2.1 Physikalische Größen und Größenarten.	
Physikalische Gleichungen	5
0.2.2 Dimensionen, Einheiten	8
0.2.3 Arten physikalischer Gleichungen	14
0.2.4 Arten physikalischer Größen. Vorzeichen- und Richtungsregeln	15
<b>1 Beschreibung elektrischer Erscheinungen</b>	23
1.1 Teilchenmodell. Grundvorstellungen	23
1.2 Feldmodell	24
1.3 Teilchenmodell. Elektrische Ladung $Q$	26
1.3.1 Eigenschaften der elektrischen Ladung	26
1.3.2 Ladungsverteilungen	30
1.3.3 Erhaltungssatz der Ladung	35
1.4 Bewegte Ladung. Elektrische Stromstärke $I$	35
1.4.1 Wesen einer Strömung. Strombegriff	35
1.4.2 Elektrische Stromstärke $I$	38
1.4.3 Zusammenhang Strom — Ladung	44
1.4.4 Strommessung	45
<b>2 Das elektrische Feld und seine Anwendungen</b>	47
2.1 Feldbegriffe	47
2.1.1 Wesen und Feldeigenschaften	47
2.1.2 Feldgrößen und Koordinatensysteme	51
2.1.3 Lokale Felddarstellung. Integrale Größen	51
2.2 Feldstärke $E$ und Potential $\varphi$	52
2.2.1 Feldstärke $E$	52
2.2.2 Potential $\varphi$	58
2.2.3 Bestimmung der Feldstärke aus dem Potential	65
2.2.4 Potentialüberlagerung	67
2.2.5 Potential $\varphi$ und Spannung $U$	68
2.3 Elektrisches Strömungsfeld	71
2.3.1 Stromdichte $S$	71

2.3.2	Verknüpfung von Stromdichte $S$ und Feldstärke $E$ .	78
	Leitfähigkeit $\kappa$ . . . . .	78
2.3.3	Eigenschaften des Strömungsfeldes im Raum und an Grenzflächen . . . . .	84
2.3.3.1	Strömungsfelder wichtiger Leiteranordnungen . . . . .	84
2.3.3.2	Bestimmung des Feldbildes. . . . .	87
2.3.3.3	Kontinuitätsgleichung im Strömungsfeld. . . . .	89
2.3.3.4	Verhalten an Grenzflächen . . . . .	92
2.4	Integralgrößen des stationären Strömungsfeldes: Strom $I$ , Spannung $U$ , Widerstand $R$ . Gleichstromkreis . . . . .	95
2.4.1	Spannungsquelle. Quellenspannung $U_Q$ . . . . .	98
2.4.2	Widerstand $R$ . Leitwert $G$ . . . . .	101
2.4.2.1	Widerstandsbegriff. . . . .	101
2.4.2.2	Zusammenschaltungen von Widerständen und Leitwerten . . . . .	106
2.4.2.3	Lineare und nichtlineare Strom-Spannungs-Relation. . . . .	112
2.4.2.4	Widerstand als Bauelement. . . . .	113
2.4.3	Aktive und passive Zweipole. Grundstromkreis. . . . .	117
2.4.3.1	Energie und Leistungsumsatz in Zweipolen . . . . .	117
2.4.3.2	Zweipolgleichungen. Kennlinien und Kenngrößen linearer Zweipole . . . . .	120
2.4.3.3	Grundstromkreis . . . . .	128
2.4.3.4	Anwendungsbeispiele des Grundstromkreises . . . . .	131
2.4.3.5	Leistungsumsatz im Grundstromkreis . . . . .	136
2.4.3.6	Nichtlineare Zweipole im Grundstromkreis . . . . .	140
2.4.4	Analyse von Gleichstromkreisen. . . . .	145
2.4.4.1	Zweigstromanalyse. . . . .	145
2.4.4.2	Hilfsverfahren für die Netzwerkanalyse. . . . .	151
2.4.4.3	Zweipoltheorie . . . . .	154
2.5	Elektrostatisches Feld: Elektrische Erscheinungen in Nichtleitern . . . . .	159
2.5.1	Feldstärke- und Potentialfeld . . . . .	160
2.5.2	Verschiebungsflußdichte $D$ . . . . .	163
2.5.3	Verknüpfung der Verschiebungsflußdichte $D$ und der Feldstärke $E$ im Dielektrikum . . . . .	166
2.5.4	Eigenschaften des elektrostatischen Feldes im Raum. . . . .	168
2.5.4.1	Felder im Dielektrikum. . . . .	168
2.5.4.2	Eigenschaften des elektrostatischen Feldes. . . . .	169
2.5.4.3	Eigenschaften an Grenzflächen . . . . .	175
2.5.5	Die Integralgrößen des elektrostatischen Feldes . . . . .	181
2.5.5.1	Verschiebungsfluß $\Psi$ . . . . .	181
2.5.5.2	Kapazität $C$ . . . . .	183
2.5.5.3	Beziehung zwischen Widerstand und Kondensator im Strömungs- und elektrostatischen Feld. . . . .	190
2.5.6	Elektrisches Feld im Nichtleiter bei zeitveränderlicher Spannung . . . . .	192
2.5.6.1	Strom-Spannungs-Relation des Kondensators. . . . .	192
2.5.6.2	Verschiebungsstrom $i_v$ . . . . .	197
2.5.6.3	Verschiebungsstromdichte $S_v$ . . . . .	200

<b>3 Das magnetische Feld und seine Anwendungen</b> . . . . .	205
3.1 Die vektoriellen Größen des magnetischen Feldes . . . . .	206
3.1.1 Induktion $\mathbf{B}$ . . . . .	206
3.1.2 Magnetische Erregung. Magnetische Feldstärke $\mathbf{H}$ . . . . .	215
3.1.3 Umlaufintegral der magnetischen Feldstärke $\mathbf{H}$ . Durchflutung $\Theta$ . Wirbelcharakter des magnetischen Feldes. . . . .	220
3.1.4 Verknüpfung der Induktion $\mathbf{B}$ und der magnetischen Feldstärke $\mathbf{H}$ . Permeabilität $\mu$ . . . . .	228
3.1.5 Eigenschaften des magnetischen Feldes im Raum und an Grenzflächen . . . . .	232
3.2 Integrale Größen des magnetischen Feldes . . . . .	235
3.2.1 Magnetischer Fluß $\Phi$ . . . . .	236
3.2.2 Magnetisches Potential $\psi$ . Magnetische Spannung $V$ . Durchflutung $\Theta$ . . . . .	239
3.2.3 Magnetischer Kreis . . . . .	244
3.2.4 Verkopplung; Magnetischer Fluß $\Theta$ — Strom $I$ . . . . .	250
3.2.4.1 Induktivität $L$ (Selbstinduktivität) . . . . .	251
3.2.4.2 Gegeninduktivität $M$ . . . . .	254
3.2.5 Dauermagnetkreis . . . . .	259
3.3 Induktionsgesetz: Verkopplung magnetischer und elektrischer Größen . . . . .	261
3.3.1 Gesamterscheinung der Induktion . . . . .	262
3.3.2 Ruheinduktion . . . . .	266
3.3.2.1 Induktionsgesetz für Ruheinduktion . . . . .	266
3.3.2.2 Anwendungen der Ruheinduktion. . . . .	273
3.3.3 Bewegungsinduktion . . . . .	277
3.3.3.1 Induktionsgesetz für Bewegungsinduktion . . . . .	277
3.3.3.2 Anwendungen der Bewegungsinduktion . . . . .	280
3.4 Wechselseitige Verkopplung elektrischer und magnetischer Größen . . . . .	289
3.4.1 Selbstinduktion. . . . .	290
3.4.2 Gegeninduktion . . . . .	297
3.4.3 Transformator . . . . .	301
3.5 Rückblick bzw. Ausblick zum elektromagnetischen Feld . . . . .	307
<b>4 Energie und Leistung elektromagnetischer Erscheinungen</b> . . . . .	319
4.1 Energie und Leistung . . . . .	322
4.1.1 Elektrische Energie $W$ . Elektrische Leistung $P$ . . . . .	322
4.1.2 Strömungsfeld . . . . .	328
4.1.3 Elektrostatisches Feld. . . . .	329
4.1.4 Magnetisches Feld. . . . .	332
4.2 Energieübertragung . . . . .	336
4.2.1 Energieströmung. . . . .	336
4.2.2 Energietransport Quelle — Verbraucher . . . . .	340
4.3 Umformung elektrischer in mechanische Energie . . . . .	342

4.3.1	Kräfte im elektrischen Feld . . . . .	342
4.3.1.1	Kraft auf ruhende Ladungen. . . . .	342
4.3.1.2	Kraft auf Grenzflächen . . . . .	345
4.3.2	Kräfte im magnetischen Feld . . . . .	350
4.3.2.1	Kraft auf bewegte Ladungen. . . . .	351
4.3.2.2	Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld . . . . .	355
4.3.2.3	Kraft auf Grenzflächen . . . . .	369
4.3.2.4	Mechanisches Drehmoment von Dipolen . . . . .	375
4.4	Umformung elektrischer Energie in Wärme und umgekehrt . . . . .	377
4.4.1	Elektrische Energie. Wärme . . . . .	378
4.4.2	Thermische Ersatzschaltung . . . . .	385
4.4.3	Anwendungen des Wärmeumsatzes . . . . .	389
	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>394</b>
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>395</b>