

# Inhaltsverzeichnis

<b>0. Vorbetrachtungen</b> .....	13
0.1. Physikalische Größen und deren Einheiten .....	13
0.2. Das Rechnen mit physikalischen Gleichungen .....	15
0.3. Vektoren, Produkte von Vektoren, Weg-(Linien-) und Umlaufintegrale .....	16
0.4. Physikalischer Richtungssinn, Bezugssinn und Bezugspfeil (Zählpfeil), Vorzeichen physikalischer Größen .....	18
0.5. Formelzeichen und Schreibweise physikalischer Größen .....	19
0.5.1. Formelzeichen .....	19
0.5.2. Schreibweise .....	20
<b>1. Elektrische Stromkreise bei Gleichstrom</b> .....	22
1.1. Grundbegriffe und Grundbeziehungen .....	22
1.1.1. Elektrische Ladung $Q$ .....	22
1.1.2. Elektrischer Strom $I$ .....	24
1.1.3. Elektrische Spannung $U$ .....	32
1.1.4. Widerstand $R$ .....	37
1.1.5. Energie $W$ .....	45
1.1.6. Leistung $P$ .....	46
1.1.7. Berechnungsbeispiele zum Abschnitt 1.1. .....	47
1.1.8. Aufgaben .....	48
1.2. Berechnungsmethoden elektrischer Stromkreise .....	50
1.2.0. Vorbetrachtungen .....	50
1.2.1. Zweigstromanalyse (Strom- und Spannungsteilerregel, Grundstromkreis) .....	52
1.2.2. Vereinfachte Berechnungsmethoden .....	63
1.2.2.1. Maschenstromanalyse .....	64
1.2.2.2. Knotenspannungsanalyse .....	68
1.2.2.3. Überlagerungssatz .....	72
1.2.2.4. Zweipolersatzschaltungen .....	74
1.2.2.5. Zweipoltheorie .....	81
1.2.3. Berechnung von Stromkreisen mit nichtlinearen Elementen .....	85
1.2.3.0. Überblick .....	85
1.2.3.1. Grafische Lösung .....	87
1.2.3.2. Numerische Berechnung .....	91
1.2.3.2.1. Iterative Lösung der Gleichung $x = f(x)$ .....	93
1.2.3.2.2. Iterative Lösung der Gleichung $g(x) = 0$ .....	94
1.2.4. Aufgaben .....	95
1.3. Leistungsumsatz im Stromkreis .....	98
1.3.1. Leistungsumsatz mit maximalem Wirkungsgrad .....	98
1.3.2. Leistungsumsatz mit maximaler Verbraucherleistung .....	99
1.3.3. Aufgaben .....	102

1.4. Energieumformung im Stromkreis .....	102
1.4.1. Umformung elektrischer Energie in mechanische Energie und umgekehrt ..	102
1.4.2. Umwandlung elektrischer Energie in Wärme und umgekehrt .....	103
1.4.2.1. Einfache Grundbeziehungen für Wärmeaufnahme und -abgabe (Wärmeleitung, Konvektion, Strahlung) .....	103
1.4.2.2. Direkte Umwandlung der Wärmeenergie in elektrische Energie .....	110
1.4.2.3. Aufgaben .....	112
1.4.3. Umformung elektrischer Energie in Lichtenergie und umgekehrt .....	112
1.4.3.1. Umformung elektrischer Energie in Lichtenergie (Lichtstärke, Lichtausbeute, elektrische Lichtquellen) .....	112
1.4.3.2. Umformung von Lichtenergie in elektrische Energie .....	117
1.4.3.3. Aufgaben .....	119
1.4.4. Umformung elektrischer Energie in chemische Energie und umgekehrt ....	119
1.4.4.1. Elektrolytische Leitung .....	119
1.4.4.2. Elektrolyse .....	121
1.4.4.3. Lösungsdruck und osmotischer Druck, Polarisation .....	122
1.4.4.4. Galvanische Elemente .....	124
1.4.4.5. Aufgaben .....	127
<b>2. Das elektrische Feld .....</b>	<b>128</b>
2.1. Feldbegriff, skalare und vektorielle Feldgrößen .....	128
2.2. Die elektrische Feldstärke .....	129
2.3. Das elektrische Potential $\varphi$ .....	133
2.3.1. Definition des Potentials und Zusammenhang mit Feldstärke und Spannung .	133
2.3.2. Darstellung des Potentialfeldes .....	135
2.3.3. Berechnung der Feldstärke aus dem Potential .....	137
2.4. Das stationäre elektrische Strömungsfeld .....	138
2.4.1. Beziehung zwischen Feldstärke- und Strömungsfeld .....	138
2.4.2. Experimentelle Aufnahme des Potentialfeldes .....	140
2.4.3. Feldstärke- und Strömungsfeld an Trennflächen zweier Medien .....	141
2.4.4. Randbedingungen des elektrischen Strömungsfeldes .....	143
2.4.5. Widerstandsberechnung räumlicher Leiter .....	144
2.4.6. Berechnung der Leistung in (inhomogenen) Strömungsfeldern .....	146
2.4.7. Berechnung einiger einfacher Strömungsfelder .....	146
2.4.8. Aufgaben .....	151
2.5. Das elektrostatische Feld .....	152
2.5.1. Feldstärkefeld im Nichtleiter; elektrische Influenz .....	152
2.5.2. Der Verschiebungsfluß $\Psi$ .....	155
2.5.3. Beziehung zwischen Verschiebungsflußdichte $D$ und Feldstärke $E$ .....	159
2.5.4. Beziehung zwischen Ladung und Spannung: Kapazität .....	161
2.5.5. Berechnung von $R$ - $C$ -Netzwerken bei Gleichspannungen .....	166
2.5.6. Berechnung einiger einfacher elektrostatischer Felder .....	169
2.5.7. Aufgaben .....	173
2.6. Verschiebungsstrom .....	174
2.6.1. Definition des Verschiebungsstroms, allgemeiner Strombegriff .....	174
2.6.2. Strom-Spannungsbeziehung des Kondensators .....	178
2.6.3. Berechnung von $R$ - $C$ -Netzwerken bei zeitlich veränderlichen Spannungen ..	179
2.6.4. Aufgaben .....	182
2.7. Energie- und Kraftwirkungen im elektrischen Feld .....	183
2.7.1. Energie im elektrostatischen Feld .....	183

2.7.2.	Kraft auf Punktladungen .....	184
2.7.3.	Kraft auf Trennflächen im elektrostatischen Feld .....	185
2.7.4.	Aufgaben .....	191
2.8.	Ladungsbewegungen im Leiter und Nichtleiter .....	192
2.8.1.	Allgemeine Gleichung für den Strom bewegter Ladungen (Konvektionsstrom) .....	192
2.8.2.	Feldstrom .....	193
2.8.3.	Diffusionsstrom .....	198
2.8.4.	Aufgaben .....	203
3.	Das magnetische Feld .....	205
3.1.	Magnetische Feldgrößen und Kenngrößen magnetischer Kreise .....	206
3.1.1.	Magnetischer Fluß $\Phi$ , magnetische Flußdichte (Induktion) $B$ Quellenfreiheit des magnetischen Flusses .....	206
3.1.2.	Umlaufintegral im magnetischen Feld- Magnetomotorische Kraft (MMK)- Durchflutung .....	211
3.1.3.	Materialeinfluß, magnetische Feldstärke $H$ , Durchflutungsgesetz (Induktionskonstante, die Permeabilität, Ferromagnetika, Trennflächen) ..	214
3.1.4.	Berechnung magnetischer Felder für einfache Stromanordnungen; Biot- Savartsches Gesetz .....	220
3.1.5.	Magnetische Spannung $V$ ; magnetischer Widerstand $R_m$ , magnetischer Kreis .....	225
3.1.6.	Berechnung magnetischer Kreise; Messung der magnetischen Spannung; skalares Potential .....	227
3.1.7.	Grafische Lösung nichtlinearer magnetischer Kreise .....	234
3.1.8.	Dauermagnetkreis .....	236
3.1.9.	Aufgaben .....	239
3.2.	Induktionsgesetz .....	241
3.2.1.	Ruheinduktion Induktionsfluß, Potentialfeld, Wirbelfeld, Anwendungen .....	241
3.2.2.	Bewegungsinduktion Lorentzkraft, Anwendungen, unipolare Induktion, rotierende Generatoren .	248
3.2.3.	Zusammenfassung beider Induktionsgesetze und Anwendung .....	257
3.2.4.	Zusammenfassung: Das Gleichungssystem des elektromagnetischen Feldes .	258
3.2.5.	Aufgaben .....	261
3.3.	Selbst- und Gegeninduktion .....	262
3.3.1.	Definition der Selbstinduktivität (Induktivität) $L$ .....	263
3.3.2.	Berechnung der Induktivität .....	264
3.3.3.	Beziehung zwischen Induktivität $L$ und induzierter Spannung .....	265
3.3.4.	Induktivität $L$ als Schaltelement (Zweipol) im Stromkreis .....	266
3.3.5.	Berechnung von Stromkreisen mit Induktivitäten .....	267
3.3.6.	Definition der Gegeninduktivität und Beziehung zwischen Gegen- und Selbstinduktivität .....	271
3.3.7.	Berechnung der Gegeninduktivität .....	273
3.3.8.	Berechnung des Induktionsflusses bei mehreren stromdurchflossenen Kreisen .	274
3.3.9.	Die in gekoppelten Spulen induzierten Spannungen; Gegeninduktivität als Vierpol Reihenschaltung zweier Spulen mit magnetischer Kopplung, Transformator .	276
3.3.10.	Aufgaben .....	284
3.4.	Energie und Kräfte im magnetischen Feld .....	284
3.4.1.	Energie .....	284
3.4.2.	Kraftwirkungen im magnetischen Feld .....	288

3.4.2.1.	Kraft auf Trennflächen (Anwendungsbeispiele: Weicheiseninstrument, Relais; grafisches Verfahren) .	290
3.4.2.2.	Kräfte auf bewegte Ladungen und Ströme im Magnetfeld (Zyklotron, Betatron, Hall-Effekt, Drehmoment auf Stromschleife, Maschensatz und Leistungsumsatz für bewegte Stromschleife, Motoren, Kraft auf induzierte Ströme) .....	294
3.4.3.	Aufgaben .....	308
<b>Anhang</b> .....		<b>310</b>
<b>I</b>	<b>Gegenüberstellung der Grundbeziehungen im elektrischen Strömungsfeld, im elektro- statischen und magnetischen Feld. ....</b>	<b>310</b>
<b>II</b>	<b>Gaußscher Algorithmus zur Lösung eines linearen Gleichungssystems .....</b>	<b>311</b>
<b>III</b>	<b>Die verschiedenen Stromarten und die Kontinuitätsgleichung .....</b>	<b>314</b>
<b>IV</b>	<b>Naturkonstanten und Materialkenngrößen .....</b>	<b>315</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>316</b>
	<b>Sachwörterverzeichnis .....</b>	<b>317</b>