

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Der Feldbegriff, Historisches	1
1.2	Das Skalarfeld	2
1.3	Vektorfeld und Feldlinienbild	4
1.4	Der Begriff Fluß	6
2	Quellen und Senken als Feldursachen	11
2.1	Quellenfelder qualitativ	11
2.2	Quellenfelder quantitativ	14
2.2.1	Ergiebigkeit oder Quellenstärke	14
2.2.2	Divergenz oder Quellendichte	17
2.2.3	Der Satz von Gauß	22
2.2.4	Sprungdivergenz	26
2.2.5	Quellenfelder durch Gradientenbildung	30
3	Wirbelfelder	35
3.1	Qualitative Aussagen	35
3.2	Zirkulation bei Wirbelfeldern	37
3.3	Wirbeldichte oder Rotation	40
3.4	Der Satz von Stokes	44
3.5	Sprungrotation	46
3.6	Wirbelfreiheit oder Quellenfreiheit?	50
3.7	Wegunabhängigkeit wirbelfreier Felder	51

4	Statik	55
4.1	Elektrostatik	56
4.1.1	Einheiten und Definitionen	56
4.1.2	Wirbelfreiheit der elektrischen Feldstärke	58
4.1.3	Quellen der Elektrostatik	59
4.1.4	Spannung und Potential in der Elektrostatik	63
4.1.5	Arbeit des elektrostatischen Feldes	68
4.1.6	Die Laplace- und die Poissongleichung	69
4.1.7	Lösung der Poissonschen Differentialgleichung	72
4.2	Magnetostatik	76
4.2.1	Definitionen für magnetische Feldstärke und Flußdichte .	76
4.2.2	Magnetostatik und Permanentmagnete	79
4.2.3	Magnetisches Feld an Trenn- oder Grenzflächen	81
4.2.4	Magnetisches Skalarpotential und magnetische Spannung	83
5	Das streng stationäre Strömungsfeld	87
5.1	Das Durchflutungsgesetz	90
5.2	Übergang zu flächenhaftem Strombelag	98
5.3	Feldstärke \vec{H} bei beliebigem Leiterquerschnitt	102
5.4	Darstellung von Wirbelfeldern aus dem Vektorpotential	104
5.4.1	Die Differentialgleichung des Vektorpotentials	107
5.4.2	Lösung der Differentialgleichung des Vektorpotentials . .	109
5.4.3	Weitere Anwendungen des Vektorpotentials	112
5.5	Komplexes Potential und konforme Abbildung	118
5.6	Der Abbildungssatz von Schwarz-Christoffel	120
5.6.1	Herleitung des Abbildungssatzes	120

5.6.2	Berechnung von konformen Abbildungsfunktionen für elektrostatische Anordnungen	127
5.7	Magnetischer Dipol und magnetisches Moment	133
5.8	Magnetische Kreise mit Luftspalt	135
5.8.1	Abschätzung der magnetischen Feldstärken	135
5.8.2	Ohmsches Gesetz magnetischer Kreise	136
5.8.3	Scherung magnetischer Kreise	139
6	Das quasistationäre Feld	143
6.1	Die erste Maxwellgleichung im quasistationären Feld	146
6.2	Das erweiterte Durchflutungsgesetz	150
6.3	Selbst- und Gegeninduktivität	154
6.3.1	Selbstinduktivität und magnetische Energie	154
6.3.2	Selbstinduktivität und magnetischer Fluß	159
6.3.3	Selbstinduktivität und Fluß bei Ferromagnetika	161
6.3.4	Innere Induktivität kreisrunder Drähte	164
6.3.5	Gegeninduktivität	169
6.3.6	Metalle, Ferrite und Pulververbundwerkstoffe	173
6.4	Induktionsgesetz und zweite Maxwellgleichung	174
6.4.1	Das Induktionsgesetz für ruhende Randkurven	174
6.4.2	Induktionsgesetz für langsam bewegte Körper	186
6.4.3	Induktionsgesetz und Vektorpotential	192
6.5	Energieströmung und Energieströmungsvektoren	194
6.5.1	Der reelle Poyntingvektor	195
6.5.2	Energieströmung und komplexer Poyntingvektor	206
6.6	Stromverdrängung	211
6.6.1	Einseitige Stromverdrängung in Ankerstäben	213
6.6.2	Allseitige Stromverdrängung	222
6.6.3	Lösung der Besselschen Differentialgleichungen	226
6.6.4	Wechselstromwiderstand bei Stromverdrängung	231
6.6.5	Abschirmungen	235

7 Das instationäre elektromagnetische Feld	237
7.1 Elektromagnetische Wellen im Nichtleiter	237
7.1.1 Eine anschauliche Darstellung ebener Wellen	237
7.1.2 Die Wellengleichung	242
7.1.3 Lösung der Wellengleichung für eine ebene Welle	244
7.1.4 Linkswelle und Rechtswelle	247
7.1.5 Phasen- und Gruppengeschwindigkeit bei Dispersion	249
7.1.6 Energiedichte und Wellenwiderstand des Nichtleiters	250
7.1.7 Erweiterung auf ungleiche Energiedichten	252
7.2 Die Telegraphengleichung	254
7.2.1 Lösung der Telegraphengleichung einer harmonischen Welle	256
7.2.2 Einige Grenzwerte	263
A Zusammenstellung von Formeln	267
A.1 Formeln der Vektoranalysis	267
A.1.1 Gesetzmäßigkeiten	267
A.1.2 Skalarprodukte	267
A.1.3 Spatprodukt	268
A.1.4 Vektorprodukt aus dem Vektor \vec{a} und dem Vektor $\vec{b} \times \vec{c}$	268
A.1.5 Produkte mit ∇ , der Skalarfunktion $\phi(x, y, z)$ und dem Vektor \vec{a} :	269
A.1.6 Formeln zur Berechnung von <i>grad</i> , <i>div</i> , <i>rot</i>	269
A.1.7 Partielle Differentiation nach der Zeit	270
A.1.8 Formeln in kartesischen Koordinaten	271
A.1.9 Formeln in Zylinderkoordinaten	272
A.1.10 Formeln in Kugelkoordinaten	273
A.1.11 Einige wichtige Konstanten der Elektrotechnik	274
B Literatur	277
C Index	280