

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	101
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 . .	108
5.4.3	Weitere Anwendungen des Vektorpotentials	112
5.5	Komplexes Potential und konforme Abbildung	117
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	140
5.8	Magnetische Kreise mit Luftspalt	141
5.8.1	Abschätzung der magnetischen Feldstärken	141
5.8.2	Ohmsches Gesetz magnetischer Kreise	142
5.8.3	Scherung magnetischer Kreise	145
6	Das quasistationäre Feld	149
6.1	Die erste Maxwellgleichung im quasistationären Feld	152
6.2	Das erweiterte Durchflutungsgesetz	156
6.3	Selbst- und Gegeninduktivität	160
6.3.1	Selbstinduktivität und magnetische Energie	160
6.3.2	Selbstinduktivität und magnetischer Fluß	165
6.3.3	Selbstinduktivität und Fluß bei Ferromagnetika	167
6.3.4	Innere Induktivität kreisrunder Drähte	170
6.3.5	Gegeninduktivität	175
6.3.6	Metalle, Ferrite und Pulververbundwerkstoffe	179
6.4	Induktionsgesetz und zweite Maxwellgleichung	180
6.4.1	Das Induktionsgesetz für ruhende Randkurven	180

6.4.2	Induktionsgesetz für langsam bewegte Körper	192
6.4.3	Induktionsgesetz und Vektorpotential	198
6.5	Energieströmung und Energieströmungsvektoren	200
6.5.1	Der reelle Poyntingvektor	201
6.5.2	Energieströmung und komplexer Poyntingvektor	211
6.6	Stromverdrängung	217
6.6.1	Einseitige Stromverdrängung in Ankerstäben	219
6.6.2	Allseitige Stromverdrängung	228
6.6.3	Lösung der Besselschen Differentialgleichungen	232
6.6.4	Wechselstromwiderstand bei Stromverdrängung	237
6.6.5	Abschirmungen	241
7	Das instationäre elektromagnetische Feld	243
7.1	Elektromagnetische Wellen im Nichtleiter	243
7.1.1	Eine anschauliche Darstellung ebener Wellen	243
7.1.2	Die Wellengleichung	248
7.1.3	Lösung der Wellengleichung für eine ebene Welle	250
7.1.4	Linkswelle und Rechtswelle	253
7.1.5	Phasen- und Gruppengeschwindigkeit bei Dispersion	255
7.1.6	Energiedichte und Wellenwiderstand des Nichtleiters	256
7.1.7	Erweiterung auf ungleiche Energiedichten	258
7.2	Die Telegraphengleichung	260
7.2.1	Lösung der Telegraphengleichung einer harmonischen Welle	262
7.2.2	Einige Grenzwerte	269
A	Zusammenstellung von Formeln	273
A.1	Formeln der Vektoranalysis	273
A.1.1	Gesetzmäßigkeiten	273
A.1.2	Skalarprodukte	273
A.1.3	Spatprodukt	274
A.1.4	Vektorprodukt aus dem Vektor \vec{a} und dem Vektor $\vec{b} \times \vec{c}$	274
A.1.5	Produkte mit ∇ , der Skalarfunktion $\phi(x, y, z)$ und dem Vektor \vec{a} :	275
A.1.6	Formeln zur Berechnung von <i>grad</i> , <i>div</i> , <i>rot</i>	275
A.1.7	Partielle Differentiation nach der Zeit	276
A.1.8	Formeln in kartesischen Koordinaten	277
A.1.9	Formeln in Zylinderkoordinaten	278
A.1.10	Formeln in Kugelkoordinaten	279

A.1.11 Einige wichtige Konstanten der Elektrotechnik	280
B Literatur	285
C Index	288