

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	73

4.1.6	Die Laplace- und die Poissongleichung	74
4.1.7	Lösung der Poissonschen Differentialgleichung	77
4.2	Magnetostatik	82
4.2.1	Definitionen für magnetische Feldstärke und Flussdichte	82
4.2.2	Magnetostatik und Permanentmagnete	85
4.2.3	Magnetisches Feld an Trenn- oder Grenzflächen	87
4.2.4	Magnetisches Skalarpotential und magnetische Spannung	89
5	Das streng stationäre Strömungsfeld	93
5.1	Das Durchflutungsgesetz	96
5.2	Übergang zu flächenhaftem Strombelag	104
5.3	Feldstärke \vec{H} bei beliebigem Leiterquerschnitt	107
5.4	Darstellung von Wirbelfeldern aus dem Vektorpotential	110
5.4.1	Die Differentialgleichung des Vektorpotentials	113
5.4.2	Lösung der Differentialgleichung des Vektorpotentials	114
5.4.3	Weitere Anwendungen des Vektorpotentials	118
5.5	Komplexes Potential und konforme Abbildung	123
5.6	Der Abbildungssatz von Schwarz-Christoffel	126
5.6.1	Herleitung des Abbildungssatzes	126
5.6.2	Berechnung von konformen Abbildungsfunktionen für elektrostatische Anordnungen	133
5.7	Magnetischer Dipol und magnetisches Moment	145
5.8	Magnetische Kreise mit Luftspalt	147
5.8.1	Abschätzung der magnetischen Feldstärken	147
5.8.2	Ohmsches Gesetz magnetischer Kreise	148
5.8.3	Scherung magnetischer Kreise	151
6	Das quasistationäre Feld	155
6.1	Die erste Maxwellgleichung im quasistationären Feld	158
6.2	Das erweiterte Durchflutungsgesetz	162
6.3	Selbst- und Gegeninduktivität	166
6.3.1	Selbstinduktivität und magnetische Energie	166
6.3.2	Selbstinduktivität und magnetischer Fluss	171
6.3.3	Selbstinduktivität und Fluss bei Ferromagnetika	173
6.3.4	Innere Induktivität kreisrunder Drähte	176
6.3.5	Gegeninduktivität	181
6.3.6	Metalle, Ferrite und Pulververbundwerkstoffe	185
6.4	Induktionsgesetz und zweite Maxwellgleichung	186
6.4.1	Das Induktionsgesetz für ruhende Randkurven	186

6.4.2	Induktionsgesetz für langsam bewegte Körper	198
6.4.3	Induktionsgesetz und Vektorpotential	204
6.5	Energieströmung und Energieströmungsvektoren	206
6.5.1	Der reelle Poyntingvektor	207
6.5.2	Energieströmung und komplexer Poyntingvektor	217
6.6	Stromverdrängung	223
6.6.1	Einseitige Stromverdrängung in Ankerstäben	225
6.6.2	Allseitige Stromverdrängung	234
6.6.3	Lösung der Besselschen Differentialgleichungen	238
6.6.4	Wechselstromwiderstand bei Stromverdrängung	243
6.6.5	Abschirmungen	247
7	Das instationäre elektromagnetische Feld	249
7.1	Elektromagnetische Wellen im Nichtleiter	249
7.1.1	Eine anschauliche Darstellung ebener Wellen	249
7.1.2	Die Wellengleichung	254
7.1.3	Lösung der Wellengleichung für eine ebene Welle	256
7.1.4	Linkswelle und Rechtswelle	259
7.1.5	Phasen- und Gruppengeschwindigkeit bei Dispersion	261
7.1.6	Energiedichte und Wellenwiderstand des Nichtleiters	262
7.1.7	Erweiterung auf ungleiche Energiedichten	264
7.2	Die Telegraphengleichung	266
7.2.1	Lösung der Telegraphengleichung einer harmonischen Welle	268
7.2.2	Einige Grenzwerte	275
A	Zusammenstellung von Formeln	279
A.1	Formeln der Vektoranalysis	279
A.1.1	Gesetzmäßigkeiten	279
A.1.2	Skalarprodukte	279
A.1.3	Spatprodukt	280
A.1.4	Vektorprodukt aus dem Vektor \vec{a} und dem Vektor $\vec{b} \times \vec{c}$	280
A.1.5	Produkte mit ∇ , der Skalarfunktion $\phi(x, y, z)$ und dem Vektor \vec{a} :	281
A.1.6	Formeln zur Berechnung von <i>grad</i> , <i>div</i> , <i>rot</i>	281
A.1.7	Partielle Differentiation nach der Zeit	282
A.1.8	Formeln in kartesischen Koordinaten	283
A.1.9	Formeln in Zylinderkoordinaten	284
A.1.10	Formeln in Kugelkoordinaten	285

A.1.11 Einige wichtige Konstanten der Elektrotechnik	286
B Literatur	291
Index	294