

Inhaltsverzeichnis

1	Potenzial- und Strömungsfeld des Gleichstroms	1
1.1	Elektrische Feldstärke	6
1.1.1	Erläuterung: Gradient bzw. Nabla-Operator	8
1.2	Die Kirchhoff'schen Sätze im Strömungsfeld	11
1.3	Das Ohm'sche Gesetz im Strömungsfeld	15
1.4	Leistungsdichte im Strömungsfeld	16
1.5	Stromleitung in metallischen Leitern	17
2	Elektrostatik	21
2.1	Elektrisches Feld von Kugel- und Punktladungen	29
2.2	Raumladungsdichte	34
2.2.1	Divergenz $\text{div } \vec{D}$ in Zylinder- und Kugelkoordinaten	38
2.3	Potenzialgleichung des elektrischen Skalarpotenzials	41
2.4	Energiedichte des elektrischen Feldes	43
3	Das stationäre magnetische Feld	47
3.1	Induktionswirkung und Induktionsgesetz	53
3.1.1	Messung der magnetischen Flussdichte	60
3.2	Durchflutungsgesetz	63
3.2.1	Wert der absoluten Permeabilität	67
3.2.2	Feldstärke innerhalb und außerhalb eines unendlich langen Leiters	69
3.3	Das skalare magnetische Potenzial	70
3.4	Die differentielle Form des Durchflutungsgesetzes	73
3.5	Rotation des Vektorfeldes der magnetischen Feldstärke	74
3.5.1	Vektoroperation $\text{rot } \vec{H}$ in Zylinderkoordinaten	75
3.5.2	Beispiel: Rotation des Vektorfeldes eines unendlich langen Leiters	78
3.5.3	Vektoroperation $\text{rot } \vec{H}$ in Kartesischen Koordinaten	81
3.5.4	Vektoroperation $\text{rot } \vec{H}$ in sphärischen Koordinaten	82
3.5.5	Rechenregeln der Vektoranalysis	87
3.6	Das magnetische Vektorpotenzial	88
3.7	Das Gesetz von Biot-Savart	92

XIII

3.8	Induktivität	94
3.9	Energiedichte des magnetischen Feldes	97
4	Zeitveränderliche elektrische und magnetische Felder	101
4.1	Kontinuitätsgleichung	101
4.2	Verschiebungsstromdichte	104
4.3	Die erste Maxwell'sche Gleichung	106
4.4	Die zweite Maxwell'sche Gleichung	109
4.5	Zusammenstellung der Gleichungen	111
4.5.1	Zeitharmonische Felder	112
4.6	Wellengleichungen	113
4.7	Inhomogene Wellengleichung für den elektrischen und den magnetischen Feldvektor	118
4.8	Inhomogene Wellengleichung für das magnetische Vektorpotenzial . . .	121
4.9	Lösung der Wellengleichung für das Vektorpotenzial durch das retardierte Potenzial	124
4.10	Energietransport im elektromagnetischen Feld	126
5	Wellenausbreitung	133
5.1	Hertz'scher Dipol	133
5.1.1	Nahfeld des Hertz'schen Dipols	141
5.1.2	Fernfeld des Hertz'schen Dipols	142
5.1.3	Darstellung der Ergebnisse im Zeitbereich	144
5.1.4	Energiefluss des Hertz'schen Dipols	147
5.1.5	Feldlinien des Hertz'schen Dipols	148
5.1.6	Richtdiagramm des Hertz'schen Dipols	150
5.1.7	Strahlungsleistung des Hertz'schen Dipols	153
5.1.8	Strahlungswiderstand des Hertz'schen Dipols	154
5.1.9	Gewinn einer Sendeantenne	154
5.1.10	Empfangsantenne und Wirkfläche	156
5.2	Grundübertragungsämpfung	161
6	Anhang: Verifikation der Rechenregeln der Vektoranalysis	165
6.1	Rechenregeln	165
6.2	Beweise	165
6.2.1	Beweis von Gleichung (3.80)	165
6.2.2	Beweis von Gleichung (3.81)	166
6.2.3	Beweis von Gleichung (3.82)	166
6.2.4	Beweis von Gleichung (3.83)	168
	Literaturhinweise	171
	Sachverzeichnis	173