

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Potenzial- und Strömungsfeld des Gleichstroms</b>	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
<b>2</b>	<b>Elektrostatik</b> . . . . .	21
2.1	Elektrisches Feld von Kugel- und Punktladungen . . . . .	29
2.2	Raumladungsdichte . . . . .	34
2.2.1	Divergenz $\operatorname{div} \vec{D}$ in Zylinder- und Kugelkoordinaten . . . . .	38
2.3	Potenzialgleichung des elektrischen Skalarpotenzials . . . . .	41
2.4	Energiedichte des elektrischen Feldes . . . . .	43
<b>3</b>	<b>Das stationäre magnetische Feld</b> . . . . .	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 $\operatorname{rot} \vec{H}$ in Zylinderkoordinaten . . . . .	75
3.5.2	Beispiel: Rotation des Vektorfeldes eines unendlich langen Leiters	78
3.5.3	Vektoroperation $\operatorname{rot} \vec{H}$ in Kartesischen Koordinaten . . . . .	81
3.5.4	Vektoroperation $\operatorname{rot} \vec{H}$ 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

---

3.8 Induktivität . . . . .	94
3.9 Energiedichte des magnetischen Feldes . . . . .	97
<b>4 Zeitveränderliche elektrische und magnetische Felder . . . . .</b>	<b>101</b>
4.1 Kontinuitätsgleichung . . . . .	101
4.2 Verschiebungstromdichte . . . . .	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
<b>5 Wellenausbreitung . . . . .</b>	<b>133</b>
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 Grundübertragungsdämpfung . . . . .	161
<b>6 Anhang: Verifikation der Rechenregeln der Vektoranalysis . . . . .</b>	<b>165</b>
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
<b>Literaturhinweise . . . . .</b>	<b>171</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>173</b>