

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Mathematische Vorbereitungen</b>	<b>1</b>
1.1	Dirac'sche $\delta$ -Funktion	2
1.2	Taylor-Entwicklung	7
1.3	Flächenintegrale	12
1.3.1	Orientierte Flächenelemente	12
1.3.2	Flächenintegrale	16
1.4	Differenzierungsprozesse für Felder	19
1.4.1	Integraldarstellung der Divergenz	19
1.4.2	Integraldarstellung der Rotation	22
1.5	Integralsätze	26
1.5.1	Der Gauß'sche Satz	26
1.5.2	Der Stokes'sche Satz	29
1.5.3	Die Green'schen Sätze	33
1.6	Zerlegungs- und Eindeutigkeitsatz	34
1.6.1	Zerlegungssatz	36
1.6.2	Eindeutigkeitsatz	38
1.7	Aufgaben	40
	Kontrollfragen	47
<b>2</b>	<b>Elektrostatik</b>	<b>51</b>
2.1	Grundbegriffe	53
2.1.1	Ladungen und Ströme	53

2.1.2	Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Feld	57
2.1.3	Maxwell-Gleichungen der Elektrostatik	66
2.1.4	Feldverhalten an Grenzflächen	70
2.1.5	Elektrostatische Feldenergie	72
2.1.6	Aufgaben	75
2.2	Einfache elektrostatische Probleme	78
2.2.1	Plattenkondensator	78
2.2.2	Kugelkondensator	81
2.2.3	Zylinderkondensator	82
2.2.4	Der Dipol	84
2.2.5	Dipolschicht	89
2.2.6	Der Quadrupol	92
2.2.7	Multipolentwicklung	96
2.2.8	Wechselwirkung einer Ladungsverteilung mit einem äußeren Feld	100
2.2.9	Aufgaben	102
2.3	Randwertprobleme der Elektrostatik	106
2.3.1	Formulierung des Randwertproblems	106
2.3.2	Klassifikation der Randbedingungen	108
2.3.3	Green'sche Funktion	111
2.3.4	Methode der Bildladungen	116
2.3.5	Entwicklung nach orthogonalen Funktionen	124
2.3.6	Separation der Variablen	129
2.3.7	Lösung der Laplace-Gleichung in Kugelkoordinaten	135
2.3.8	Potential einer Punktladung, sphärische Multipolmomente	138
2.3.9	Aufgaben	142
2.4	Elektrostatik der Dielektrika	150
2.4.1	Makroskopische Feldgrößen	150
2.4.2	Molekulare Polarisierbarkeit	159
2.4.3	Randwertprobleme, elektrostatische Energie	163
2.4.4	Aufgaben	166
	Kontrollfragen	169

<b>3</b>	<b>Magnetostatik</b>	173
3.1	Der elektrische Strom	175
3.1.1	Elektrischer Strom: geordnete Bewegung elektrischer Ladungen	176
3.1.2	Stromstärke $I$	176
3.1.3	Stromdichte $\mathbf{j}$	177
3.1.4	Kontinuitätsgleichung	177
3.1.5	Ohm'sches Gesetz	178
3.1.6	Stromfaden	181
3.1.7	Elektrische Leistung	181
3.1.8	Spezialfall: <i>dünn</i> er Draht $\Rightarrow$ Stromfaden	182
3.2	Grundlagen der Magnetostatik	182
3.2.1	Biot-Savart-Gesetz	182
3.2.2	Maxwell-Gleichungen	187
3.2.3	Vektorpotential	188
3.2.4	Aufgaben	190
3.3	Magnetisches Moment	193
3.3.1	Magnetische Induktion einer lokalen Stromverteilung	193
3.3.2	Kraft und Drehmoment auf eine lokale Stromverteilung	197
3.3.3	Aufgaben	200
3.4	Magnetostatik in der Materie	201
3.4.1	Makroskopische Feldgrößen	202
3.4.2	Einteilung der magnetischen Stoffe	206
3.4.3	Feldverhalten an Grenzflächen	211
3.4.4	Randwertprobleme	212
3.4.5	Aufgaben	216
	Kontrollfragen	219

<b>4</b>	<b>Elektrodynamik</b> . . . . .	<b>221</b>
4.1	Maxwell-Gleichungen . . . . .	223
4.1.1	Faraday'sches Induktionsgesetz . . . . .	223
4.1.2	Maxwell'sche Ergänzung . . . . .	227
4.1.3	Elektromagnetische Potentiale . . . . .	229
4.1.4	Feldenergie . . . . .	234
4.1.5	Feldimpuls . . . . .	238
4.1.6	Aufgaben . . . . .	241
4.2	Quasistationäre Felder . . . . .	244
4.2.1	Gegen- und Selbstinduktion . . . . .	244
4.2.2	Magnetische Feldenergie . . . . .	250
4.2.3	Wechselströme . . . . .	251
4.2.4	Der Schwingkreis . . . . .	259
4.2.5	Resonanz . . . . .	265
4.2.6	Schaltvorgänge . . . . .	267
4.2.7	Aufgaben . . . . .	270
4.3	Elektromagnetische Wellen . . . . .	274
4.3.1	Homogene Wellengleichung . . . . .	275
4.3.2	Ebene Wellen . . . . .	276
4.3.3	Polarisation ebener Wellen . . . . .	281
4.3.4	Wellenpakete . . . . .	285
4.3.5	Kugelwellen . . . . .	291
4.3.6	Fourier-Reihen, Fourier-Integrale . . . . .	294
4.3.7	Allgemeine Lösung der Wellengleichung . . . . .	303
4.3.8	Energietransport in Wellenfeldern . . . . .	305
4.3.9	Wellenausbreitung in elektrischen Leitern . . . . .	308
4.3.10	Reflexion und Brechung elektromagnetischer Wellen am Isolator . . . . .	316
4.3.11	Interferenz und Beugung . . . . .	330
4.3.12	Kirchhoff'sche Formel . . . . .	333

4.3.13	Beugung am Schirm mit kleiner Öffnung . . . . .	336
4.3.14	Beugung an der Kreisscheibe; Poisson'scher Fleck . . . . .	340
4.3.15	Beugung an der kreisförmigen Blende . . . . .	343
4.3.16	Beugung am Kristallgitter . . . . .	345
4.3.17	Übergang von der Wellenoptik zur „geometrischen Optik“ . . . . .	352
4.3.18	Aufgaben . . . . .	360
4.4	Elemente der Funktionentheorie . . . . .	369
4.4.1	Zahlenfolgen . . . . .	370
4.4.2	Komplexe Funktionen . . . . .	371
4.4.3	Integralsätze . . . . .	374
4.4.4	Reihen komplexer Funktionen . . . . .	381
4.4.5	Residuensatz . . . . .	391
4.4.6	Aufgaben . . . . .	397
4.5	Erzeugung elektromagnetischer Wellen . . . . .	398
4.5.1	Inhomogene Wellengleichung . . . . .	398
4.5.2	Zeitlich oszillierende Quellen . . . . .	403
4.5.3	Elektrische Dipolstrahlung . . . . .	406
4.5.4	Elektrische Quadrupol- und magnetische Dipolstrahlung . . . . .	411
4.5.5	Bewegte Punktladungen . . . . .	418
4.5.6	Aufgaben . . . . .	429
	Kontrollfragen . . . . .	432
	<b>Lösungen der Übungsaufgaben . . . . .</b>	<b>437</b>
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>671</b>